G. v. BUNGE,

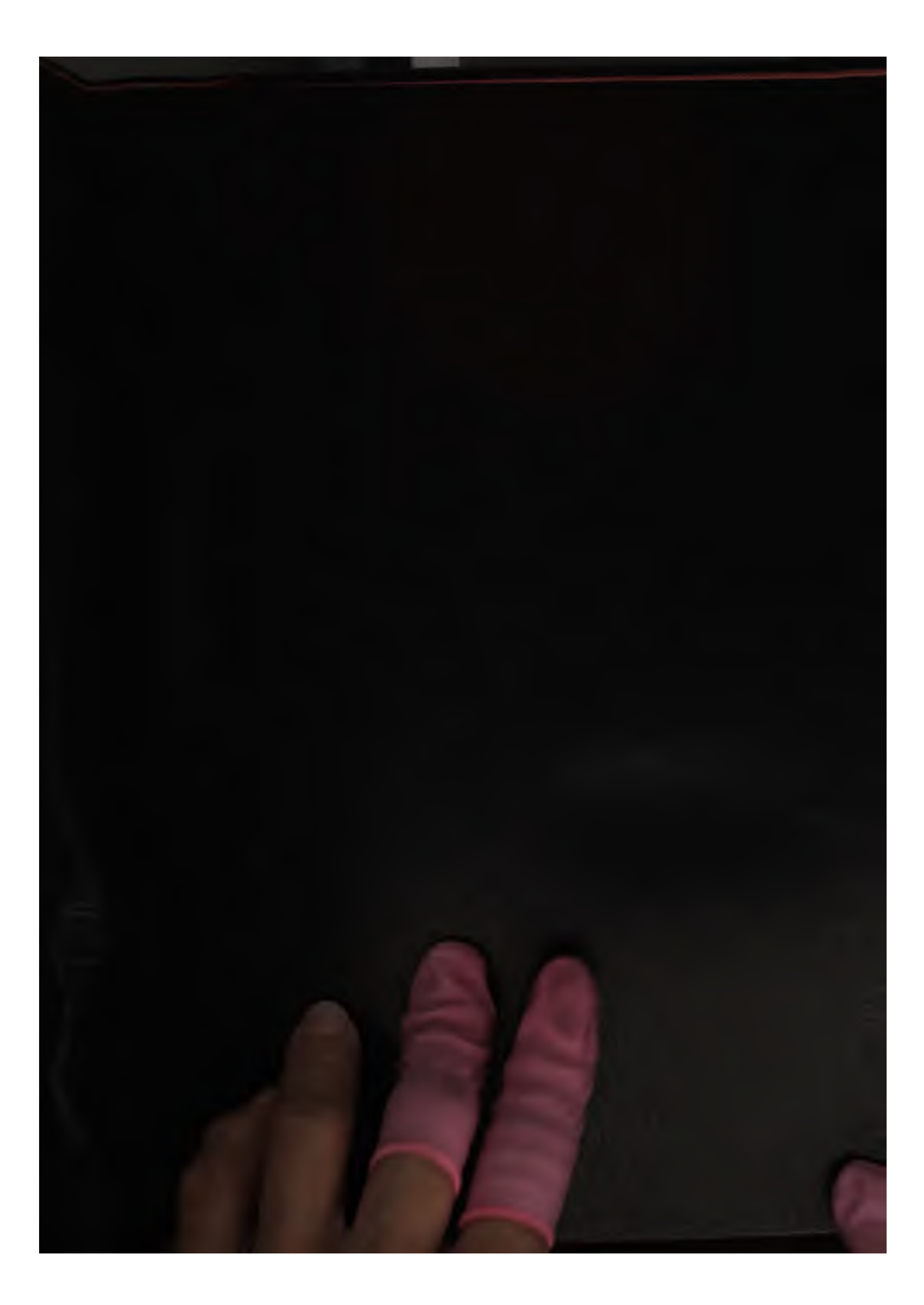
PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN.

ERSTER BAND.




LANE
MEDICAL
LIBRARY
1893





G. VON BUNGE

LEHRBUCH

DER

PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN

I. BAND. 2. AUFL.

LEHRBUCH

DER

PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN

VON

G. VON BUNGE,
PROFESSOR IN BASEL.

ERSTER BAND

SINNE, NERVEN, MUSKELN, FORTPFLANZUNG
IN NEUNUNDZWANZIG VORTRÄGEN

MIT 67 ABBILDUNGEN IM TEXT UND 2 TAFELN

ZWEITE, VERMEHRTE UND VERBESSERTE AUFLAGE



LEIPZIG,
VERLAG VON F. C. W. VOGEL
1905.

Druck von August Pries in Leipzig.

Vorwort zur ersten Auflage.

Nur zögernd bin ich dem Wunsche meiner Schüler gefolgt, die vorliegenden Vorträge zu veröffentlichen. Ich hätte mich dazu nicht berufen gefühlt, wenn es heutzutage noch Physiologen gäbe, die das ganze weite Gebiet unseres Faches beherrschen. Dem Eingeweihten kann es nicht entgehen, dass ich nicht in allen Theilen die Litteratur vollkommen bewältigt habe. Dennoch bin ich in allen Kapiteln bemüht gewesen, möglichst aus erster Quelle zu schöpfen und die Quellen genau zu citiren. Damit habe ich denen, die nach mir ein besseres Lehrbuch schreiben werden, die Arbeit erleichtert.

Basel, im October 1900.

G. v. Bunge.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die erste Auflage des vorliegenden Lehrbuches ist fast in allen Besprechungen und Kritiken, in allen mir mündlich und brieflich zugegangenen Aeusserungen anerkennend beurtheilt worden. So sehr diese Anerkennung mich erfreut und ermuthigt, und mir eine reiche Entschädigung ist für die grosse Mühe, welche die Ausarbeitung eines Lehrbuches der gesammten Physiologie mit genauem Quellennachweis erfordert, so hätte ich doch auch manchen Tadel dankbar aufgenommen. Denn vom Tadel lernt man mehr als vom Lob, insbesondere wenn der Tadel nicht allgemein gehalten ist, sondern genau die Punkte angiebt, in denen das Buch

sich verbessern lässt. Aber auch die missgünstigste Kritik hat meinem Buche nichts Anderes vorgeworfen, als dass es lückenhaft sei. Die angegebenen Lücken nach der herkömmlichen Schablone der physiologischen Lehrbücher auszufüllen, wäre keine Kunst gewesen. Meinem Lehrbuche aber lag der Plan zu Grunde, nur das in die Darstellung aufzunehmen, was schon heutzutage für eine zusammenhängende Darstellung reif ist. Fortgelassen wurden nur die zusammenhangslosen Thatsachen und die ermüdende Beschreibung von Methoden und Apparaten. Diese Lücken auszufüllen sind die vielen Vorlesungen und Praktika da. Wenn manche Kapitel kürzer ausgefallen sind als in früheren Lehrbüchern, so liegt das ferner daran, dass die anderen Lehrbücher der Physiologie die Nachbargebiete plündern: die Anatomie, die Histiologie, die Physik, die Chemie. Ich habe die nothwendigen Kenntnisse in diesen Fächern bei meinen Lesern vorausgesetzt. Mein Lehrbuch umfasst bereits 1000 Seiten. Man lasse den Anfänger doch zunächst diese 1000 Seiten aufmerksam durchstudiren und ergänze dann die Lücken durch Vorlesungen und Praktika. Wollte ich alle mir vorgeworfenen Lücken ausfüllen, so würde mein Lehrbuch den Schüler ermüden und ungelesen bleiben. Voltaire sagt: „Le secret d'ennuyer est celui de tout dire."

Es ist immer verkehrt, dem Schüler Kenntnisse beibringen zu wollen auf Kosten des Interesses. Solange das Interesse lebendig ist, können mangelnde Kenntnisse jederzeit nachgeholt werden. Ist aber das Interesse ertödtet, so ist Alles todt.

Der Anfänger, dem die 1000 Seiten eines Lehrbuches nicht genügen, soll einige der werthvollsten Originalarbeiten studiren, nicht aber noch dickere Compendien lesen. Die dicken Compendien sind zum Nachschlagen.

Durch den genauen Quellennachweis habe ich den Anfänger in den Stand gesetzt, Alles zu controliren, über Alles ein eigenes Urtheil zu gewinnen und dadurch die Fähigkeit zu erlangen, auch im späteren Leben mit vollem Verständniss dem Fortschritte seiner Wissenschaft zu folgen.

Basel, im September 1905.

G. v. Bunge.

Inhalt.

Erster Vortrag.

Physiologie der Sinne. Einleitung. Specifische Sinnesenergie. Die Neuronenlehre.

Meine Herren!

Die Physiologie der Sinne ist das A und O der gesammten Naturwissenschaft. Sie ist das Fundament und doch zugleich der Schlussstein, der das ganze Gebäude krönt.

Jede Naturforschung geht von der Physiologie der Sinne aus; ein denkender Naturforscher wird nicht die einfachste Beobachtung anstellen, ohne sich Rechenschaft abzulegen über die Leistungen des angewandten Organes, über die Mängel und Fehlerquellen, die ihm anhaften, über die Irrthümer, zu denen sein Gebrauch verleitet. Es ist in dieser Hinsicht sehr charakteristisch, wie innig die Physiologie der Sinne mit der gesammten Physik verknüpft und verflochten ist. Ja, die ganze Eintheilung der Physik richtet sich nach den Sinnen, die beim Studium ihrer Abschnitte die Hauptrolle spielen. Man theilt eine Wissenschaft doch in der Regel ein nach dem Objecte, mit dem sie es zu thun hat. In der Physik ist dieses nicht der Fall. Es ist z. B. für die Abtrennung der physikalischen Akustik von der Mechanik in dem Objecte selbst gar kein Grund zu finden. Die Schwingungen elastischer Körper bilden ein Object der Mechanik, mag die Schwingung so langsam vor sich gehen, dass sie nur mit dem Auge und dem Tastsinne erkennbar ist, oder so rasch, dass sie am besten mit dem Ohr erkannt wird. Ebensowenig lässt sich die Optik von der Wärmelehre nach dem Objecte scheiden. Dieselbe Aetherwelle, die dem Auge als Licht erscheint, kündet sich der Haut als Wärme an. Auch die Elektricität ist nach den neuesten Forschungen vom Lichte nicht wesentlich verschieden; es handelt

sich auch hier um Aetherwellen, nur von grösserer Länge, als die sind, welche das Auge erkennt. Man theilt also die Physik in Abschnitte nach den Sinnen, die zur Beobachtung sonst ähnlicher Objecte vorherrschend angewandt werden.

Die Physiologie der Sinne ist aber nicht bloss das Fundament; in ihr gipfelt auch die gesammte Naturwissenschaft; sie bildet die Brücke zur Geisteswissenschaft, und darin liegt der Hauptreiz gerade dieses Theiles der Physiologie. Die Physiologie der Sinne ist die Grundlage der Psychologie und damit der gesammten Geisteswissenschaft. Diesen Satz hat Niemand so prägnant ausgesprochen wie der englische Philosoph Locke: Nihil est in intellectu, quod non fuerit in sensu. Nichts findet sich in unserem Bewusstsein, was nicht einzog durch das Thor der Sinne.

Dieser Ausspruch hat in neuerer Zeit eine interessante experimentelle Bestätigung gefunden. Es kann unter gewissen pathologischen Bedingungen das bewusste Seelenleben eines Menschen von allem Verkehr durch die Sinne mit der Aussenwelt abgeschlossen werden. Dann sieht man in der That das Bewusstsein bald auf ein Minimum herabsinken, vielleicht sogar ganz erlöschen. Strümpell[1]) sah bei einem hysterischen Patienten die Temperatur-, Tast- und Schmerzempfindung immer mehr abnehmen, bis völlige Anästhesie der ganzen Haut und der Schleimhäute am Eingange in die Körperhöhlen eintrat. Es schwanden ferner vollständig der Muskelsinn und das Ermüdungsgefühl. Der Patient verlor darauf den Geruchs- und Geschmackssinn. Schliesslich traten Erblinden des linken Auges und Taubheit des rechten Ohres ein. Der Kranke verkehrte also mit der Aussenwelt nur noch durch das eine Ohr und das eine Auge. Sobald man das sehende Auge verband und das hörende Ohr mit Watte verstopfte, verfiel der Patient in tiefen Schlaf. Ob der Schlaf ein vollkommen bewusstloser, traumloser gewesen, lässt sich allerdings nicht entscheiden. Ich komme auf diese wichtige, interessante Beobachtung in dem Kapitel über den Schlaf noch einmal eingehend zurück. (Vergl. Vortrag 18.)

Bevor wir nun an die Betrachtung der einzelnen Sinne und ihrer Functionen herantreten, sei es mir gestattet, ein wenig vorzugreifen und ein Hauptergebniss der gesammten Sinnesphysiologie

1) Ad. Strümpell, Pflüger's Arch. Bd. 15, S. 573, 1877. Ausführlicher im Deutschen Archiv f. klinische Med. B. 22. S. 321. 1878.

schon gleich jetzt hervorzuheben. Ich meine das einheitliche Gesetz, das wie ein rother Faden die Erkenntniss der Functionen aller Sinne durchzieht und die schönste Errungenschaft der gesammten Physiologie bildet — das **„Gesetz der specifischen Sinnesenergie"**.

Den Physikern ist es schon lange bekannt, dass die qualitativen Verschiedenheiten unserer Sinnesempfindungen nicht auf qualitativen Verschiedenheiten der äusseren Reize beruhen. Dieselben Aetherwellen, die bei Einwirkung auf die Haut die Empfindung der Wärme hervorrufen, erzeugen von der Netzhaut aus die Empfindung von Licht und Farben. Die auffallende qualitative Verschiedenheit der Farben beruht nicht auf qualitativen Verschiedenheiten der Aetherwellen, sondern nur auf quantitativen, auf verschiedenen Wellenlängen. Ebenso wussten die Physiker, dass die qualitativen Verschiedenheiten tiefer und hoher Töne nur durch verschieden lange Schallwellen hervorgebracht werden, und dass dieselben Erschütterungen, welche die Hand als Schwirren empfindet, dem Ohre als Ton erscheinen.

Aber erst Johannes Müller[1]) (1801—1857) hat alle diese Beobachtungen zusammengefasst und physiologisch dahin gedeutet, dass die verschiedene Qualität der Empfindung nur bedingt ist durch die verschiedene Beschaffenheit der Endapparate im centralen Nervensystem, denen der von aussen kommende Reiz durch die Nervenfasern zugeleitet wird. — Für die Farbenempfindung war diese Deutung schon vor Joh. Müller von Thom. Young[2]) (1773—1829) vorgebracht worden. — Man bezeichnet diese Lehre Johannes Müllers gewöhnlich als die Lehre von der **specifischen Sinnesenergie** und kann sie am besten folgendermassen kurz und präcis formuliren.

1. Ein und derselbe Reiz, auf verschiedene Sinnesnerven einwirkend, bringt stets verschiedene Empfindungen hervor.

2. Verschiedene Reize, verschiedene Vorgänge der Aussenwelt, auf denselben Sinnesnerven einwirkend, bringen stets dieselbe Empfindung hervor.

1) Joh. Müller, „Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes". Leipzig 1826. S. 39—55.

2) Thomas Young, A. course of lectures on natural philosophy. London 1807. Vol. I, p. 439; Vol. II, p. 70, 617, 637.

Der erste Satz lässt sich am einfachsten demonstriren, wenn man als Reiz die Elektricität verwendet. Derselbe galvanische Strom, der beim Durchleiten durch den Sehnerv — von der Stirn zum Nacken — den Eindruck eines Blitzes hervorbringt, erzeugt beim Durchleiten durch das Gehörorgan die Empfindung von Klängen und Geräuschen und bringt bei seiner Einwirkung auf die Hautnerven je nach den verschiedenen Endapparaten, mit denen diese verbunden sind, bald die Empfindung der Kälte hervor, bald die der Wärme, bald die des Druckes, bald die des Schmerzes, beim Durchleiten durch die Glossopharyngeusfasern Geschmackseindrücke, beim Durchleiten durch die Olfactoriusfasern Geruchseindrücke.

Der zweite Satz lässt sich gleichfalls leicht demonstriren. Es kann ein und derselbe Sinnesnerv durch sehr verschiedene Reize erregt werden. Die Erregung bewirkt immer nur dieselbe Empfindung. So können beispielsweise die Glossopharyngeusfasern durch chemische und mechanische Reize ebenso erregt werden wie durch elektrische: der Erfolg ist stets eine Geschmacksempfindung. Ein mechanischer Druck, ein Schlag auf das Auge hat Lichterscheinungen zur Folge, ebenso wie die elektrische Erregung oder die Erregung durch die Aetherwelle.

Es folgt daraus, dass die Reize, die Vorgänge der Aussenwelt, mit unseren Empfindungen nichts gemein haben, dass die Aussenwelt für uns ein Buch mit sieben Siegeln ist, dass wir über die Qualität der Vorgänge in der Aussenwelt niemals etwas erfahren können, dass das einzige für uns unmittelbar Erkennbare die Zustände und Vorgänge des eigenen Bewusstseins sind, und dass wir über die Vorgänge der Aussenwelt nur durch metaphysische Speculationen und Hypothesen ein Urtheil uns bilden können, wie es z. B. die Physik thut in der Undulationstheorie, in der atomistischen Hypothese, in der mechanischen Wärmetheorie.

Es fragt sich nun: wie bringen wir das Gesetz der specifischen Sinnesenergie in Einklang mit der durchgreifenden Zweckmässigkeit, der wir überall in der lebenden Natur begegnen? Ist die geschilderte Einrichtung nicht durchaus zweckwidrig? Ist sie nicht darauf angelegt, uns zu verkehrten Vorstellungen über die Vorgänge in der Aussenwelt zu verleiten? Muss es denn nicht die grösste Confusion in unserem Bewusstsein hervorrufen, wenn die verschiedensten Vorgänge der Aussenwelt stets denselben Sinnes-

eindruck erzeugen, und wenn derselbe Vorgang den verschiedenen Sinnen als etwas ganz Verschiedenes erscheint?

Einer solchen Verwirrung ist durch folgende Einrichtung vorgebeugt. Die peripheren Endapparate der verschiedenen Sinnesnervenfasern sind so beschaffen und so in den verschiedenen Organen angebracht, dass sie unter normalen Verhältnissen immer nur von ganz bestimmten Reizen getroffen werden und gegen alle anderen geschützt sind.

So befindet sich das Auge in einer starren Knochenhöhle und ist innerhalb dieser Höhle in ein weiches Fettpolster eingebettet, somit gegen jede mechanische Einwirkung und Erschütterung geschützt. Die Nervenendigungen der Retina befinden sich im Augenhintergrunde und werden dort in der Norm nur von Lichtstrahlen erreicht. Von Temperaturschwankungen kann die Retina nicht betroffen werden, weil sie beständig von gleichmässig temperirtem Blute durchflossen wird.

Die Enden der Acusticusfasern in dem Labyrinth, tief eingeschlossen von der harten Knochenmasse des Felsenbeins, werden nur von den zugeleiteten Schallwellen erreicht, die Enden der Glossopharyngeusfasern nur von Stoffen, die gelöst in das Innere der Schmeckbecher eindringen, die Enden der Olfaktoriusfasern nur von Gasen, die durch die Regio olfactoria der Nasenhöhle streichen, u. s. w.

Die Verschiedenheit der peripheren Endapparate geht aber noch viel weiter: gewisse Endapparate der Acusticusfasern werden nur von kurzen, andere nur von längeren Schallwellen erregt, gewisse Endapparate der Opticusfasern nur von kurzen, andere nur von längeren Aetherwellen.

Die Opticus- und Acusticusfasern, die an ihren peripheren Enden auf verschiedene Wellen abgestimmt sind, lösen auch in ihren centralen Endapparaten verschiedene Empfindungen aus.

Dadurch sind wir in den Stand gesetzt, aus bestimmten Empfindungen auf bestimmte Vorgänge der Aussenwelt zu schliessen, mit bestimmten Empfindungen immer ganz bestimmte Objecte zu verknüpfen, obgleich beide nichts miteinander gemeinsam haben, und obgleich wir über die Qualitäten der Objecte niemals etwas erfahren.

Es erklären sich daraus aber auch die Täuschungen, denen wir unter ungewöhnlichen und abnormen Verhält-

nissen ausgesetzt sind, so, wenn wir elektrische Ströme durch die Sinnesnerven hindurchleiten. Da sehen wir Lichterscheinungen in stockdunkler Umgebung, wir haben intensive Schallwahrnehmungen, obgleich keine Schallwellen in der Luft sind, wir haben Geschmacksempfindungen, obgleich nichts auf die Zunge kommt, wir haben intensive Geruchsempfindungen, obgleich keine riechbaren Gase durch die Nasenhöhle streichen, wir empfinden Kälte und Wärme, obgleich die Temperatur der Umgebung constant bleibt. — Unsere Sinnesorgane sind solchen Reizen nicht angepasst. In der Natur treffen keine elektrischen Ströme unseren Körper. Wir sind darauf nicht gezüchtet.

Gäbe es in der Natur überall elektrische Ströme, so würden wir Nervenendapparate haben, die nur von diesen Strömen getroffen werden und gegen alle anderen Reize geschützt sind, während alle anderen Sinnesorgane gegen die Einwirkung der Elektricität geschützt wären — etwa durch Umgebung mit Nichtleitern. Dann würden wir die elektrischen Aetherwellen direct erkennen, wie wir jetzt das Licht sehen.

Helmholtz[1]) sagt: „Man hat die Nerven vielfach nicht unpassend mit Telegraphendrähten verglichen. Ein solcher Draht leitet immer nur dieselbe Art elektrischen Stromes, der bald stärker, bald schwächer oder auch entgegengesetzt gerichtet sein kann, aber sonst keine qualitativen Unterschiede zeigt. Dennoch kann man, je nachdem man sein Ende mit verschiedenen Apparaten in Verbindung setzt, telegraphische Depeschen geben, Glocken läuten, Minen entzünden, Wasser zersetzen, Magnete bewegen, Fisen magnetisiren, Licht entwickeln u. s. w."

Gegen diese Auffassung, als wäre der Vorgang in der Nervenfaser immer der gleiche und als käme es nur auf das Centralorgan, d. h. die Ganglienzellen, an, lässt sich vom Standpunkt der modernen Histiologie des Nervensystems einwenden, dass zwischen der Nervenfaser und den Ganglienzellen kein solcher Gegensatz besteht und dass die Functionen nicht so wesentlich verschieden zu sein brauchen. Der Axencylinder der Nervenfaser ist nur ein Ausläufer des Protoplasmaleibes der Ganglienzelle und vielleicht analog den Pseudopodien der einzelligen Wesen, der Amöben. Die Amöben senden bekanntlich Fortsätze aus und ziehen sie im nächsten

1) H. Helmholtz, „Die Lehre von den Tonempfindungen". Braunschweig, Vieweg. 1877, S. 245.

Augenblick wieder ein. Derselbe Theil der Protoplasmamasse, der in diesem Augenblick das Analogon des Axencylinders ist, ist im nächsten Augenblick das Analogon eines Theiles der Ganglienzelle, des Centralorganes. Wir müssen die Möglichkeit zugeben, dass der psychische Process der specifischen Empfindung bereits beginnt, sobald der Reiz der Aussenwelt die äussersten, feinsten peripheren Ausläufer der Sinnesnervenfaser trifft. Zu bedenken ist hierbei ferner noch, dass die Nervenleitung und Empfindung nicht durch ein einziges Neuron vermittelt wird, sondern durch eine Kette von mehreren Neuronen. Ich komme auf diesen Vorgang später eingehend zurück (Vortrag 13).

Das Gesetz der specifischen Sinnesenergie aber wird durch die moderne Neuronenlehre nicht erschüttert. Denn das Wesen dieses Gesetzes besteht nicht in der Annahme, dass die Verschiedenheit der Empfindungen bloss bedingt sei durch eine Verschiedenheit der Ganglienzellen. Das Wesen dieses Gesetzes besteht in dem Nachweise, dass die Qualität der Empfindungen unabhängig ist von der Qualität des Reizes, mag die Empfindung nun bloss durch die Ganglienzelle zu Stande gebracht werden oder durch das gesammte Neuron.

In neuester Zeit hat man geglaubt, auch die Neuronenlehre in Zweifel ziehen zu müssen. Man glaubt die Selbständigkeit der Neurone leugnen zu müssen, weil man die freie Endigung der letzten Aufsplitterung des Axencylinders, der „Endbüschel" bestreitet. Bekanntlich hatten bereits Max Schultze[1]) u. A. den Verlauf feiner Fibrillen im Axencylinder und in den Ganglienzellen beobachtet. In neuester Zeit kommt man nun — hauptsächlich gestützt auf Arbeiten von Apathy[2]) und Bethe[3]) — zu der Auffassung, dass diese Fibrillen nicht bloss die Neurone durchsetzen,

1) Man betrachte nur die Abbildungen Max Schultze's auf S. 130 und 131 in Stricker's Handb. d. Lehre von den Geweben. Bd. I. Leipzig, Engelmann. 1871.

2) St. Apathy, Mittheilungen der zool. Station Neapel. Bd. XII, S. 495. 1897. Biol. Centralbl. Bd. 18, S. 704. 1898.

3) Albrecht Bethe, „Das Nervensystem von Carcinus Maenas". Arch. f. mikr. Anat. Bd. 50, S. 446 u. 589. 1897. Schwalbe's Morphol. Arb. Bd. 8, S. 95. 1898. Anatomischer Anzeiger. Bd. 14, S. 37. 1898. „Über die Primitivfibrillen in den Ganglienzellen von Menschen und anderen Wirbelthieren." Strassburg 1898. Neurolog. Centralbl. Bd. 17, S. 614. 1898. Biol. Centralbl. Bd. 18, S. 843. 1898. Dort eine kurze Zusammenstellung der Hauptresultate und Angabe der wichtigsten Quellenlitteratur.

sondern continuirlich von einem Neuron auf das andere durch die feinsten Ausläufer und Aufsplitterungen der Axencylinder übergehen. Für gewisse Wirbellose wollen Apathy und Bethe dieses durch direkte Beobachtungen nachgewiesen haben. Für die Wirbelthiere wird es von Bethe hypothetisch angenommen und daran die Lehre geknüpft, dass in den Fibrillen alle wesentlichen Functionen des Nervensystems verlaufen, während das Protoplasma, in welches die Fibrillen eingebettet sind, bloss ihrer Ernährung diene.

Diese Annahme erscheint mir als willkürlich. Es ist ebensowohl möglich, dass die Vorgänge, welche das Wesen der Nervenfunktionen ausmachen, in dem die Fibrillen umgebenden Protoplasma verlaufen. Es ist vielleicht sogar wahrscheinlicher, dass der eigenthümliche halbflüssige Aggregatzustand des Protoplasma, dem wir in allen activen Gewebselementen begegnen, vermöge seiner Beweglichkeit und Verschiebbarkeit der Moleküle das Zustandekommen der Nervenfunctionen ermögliche, als dass der, wie es scheint, mehr starre Aggregatzustand der Fibrillen dazu geeignet wäre.

An unseren bisherigen Vorstellungen über die Functionen der Neurone wird durch die Entdeckung eines continuirlichen Ueberganges der Fibrillen von einem Neuron zum anderen nichts geändert. Solange wir über das Wesen der Bewegungsvorgänge in den Neuronen noch absolut gar nichts wissen, bleiben unsere Begriffe doch gleich unbestimmt, mögen wir nun annehmen, dass die uns völlig unbekannte Bewegung durch die Berührung der letzten Ausläufer der Axencylinder von einem Neuron auf das andere übertragen werde oder durch die Leitung in den continuirlichen Fibrillen.

In entwicklungsgeschichtlicher Hinsicht bleiben die Neurone als Einheiten bestehen, denn jedes Neuron hat sich aus einer einzigen Zelle entwickelt. Ebenso lässt sich in pathologischer Hinsicht die Einheit und Selbständigkeit der Neurone nicht leugnen. Denn beim Absterben eines Neurones verläuft der Degenerationsprocess immer nur bis zu den Grenzen des Neurons und geht nicht auf andere Neurone über. Deshalb wollen wir vorläufig auch in physiologischer Hinsicht die Lehre von der Einheit und Selbständigkeit der Neurone aufrecht erhalten.

Die Histiologen verfallen immer und immer wieder in den

Fehlschluss, dass das, was sie unter dem Mikroskope am deutlichsten sehen, auch die wichtigste physiologische Function haben müsse. Wie unrichtig eine solche Annahme sein könnte, lässt sich an folgendem Beispiele demonstriren. Der kunstvolle Bau des Diatomeenpanzers ist jedem bekannt. Er dient als Prüfstein für die Feinheit und Schärfe eines Mikroskopes. Je mehr man das Mikroskop vervollkommnet, desto mehr treten immer neue, immer schönere Formen an dem Panzer hervor. Und doch ist der Panzer nur todte Substanz, nur ein Ausscheidungsproduct des Zellenleibes, des scheinbar structurlosen Protoplasmatropfens. Wir sehen und bewundern den schönen Bau. Den Baumeister sehen wir nicht. Sollte es sich nicht vielleicht ebenso verhalten mit den Kerntheilungsfiguren, die man als „Träger der Vererbungstendenzen" betrachtet? Sollte nicht auch in diesem Falle die räthselhafte Function der Vererbung in dem structurlosen Protoplasma stecken und nicht in den schönen Figuren? Und sollten wirklich die Fibrillen in dem Nervensystem alle räthselhaften Functionen der Nerven vollführen und nicht vielmehr das structurlose Protoplasma, welches sie umgiebt im Axencylinder sowohl als in der Ganglienzelle? Die schönen, regelmässigen Formen der Querstreifung in den Skelettmuskeln sind, wie neuere Entdeckungen von Goltz[1]) gezeigt haben, für die Functionen des Muskels nicht wesentlich. Sie können schwinden, ohne dass die Functionen des Muskels aufgehoben wären (vgl. unten Vortrag 15). Hier sei schliesslich noch erinnert an die Granulatheorie.

Ich möchte nicht missverstanden werden. Ich behaupte nicht, dass die Nervenfibrillen keine wichtige Function haben. Ich behaupte nur: ihre wichtige Function ist nicht bewiesen. Bethe beruft sich zur Begründung seiner Ansicht, dass sich die Nervenfunktionen in den Fibrillen abspielen und nicht in dem umgebenden Protoplasma, der „Perifibrillärsubstanz", unter anderem auch darauf, dass an der Ranvier'schen Einschnürung das Protoplasma des Axencylinders eine Unterbrechung erleide, nicht aber die Fibrillen[2]); es sei an der Ranvier'schen Einschnürung „eine Platte unbestimmter Natur zwischen die beiden benachbarten Markscheidenfächer geschaltet, welche mit feinen Löchern durchsetzt

1) Goltz, Pflüger's Arch. Bd. 76, S. 411. 1899.

2) Georg Mönckeberg und Albrecht Bethe, Archiv f. mikrosk. Anat. u. Entwicklungsgeschichte. Bd. 54. S. 135. 1899.

ist, die nur gerade gross genug sind, um den Fibrillen den Durchtritt zu gestatten"[1]). Dagegen ist zu bedenken, dass, solange wir über die Art der Bewegungsvorgänge bei der Nervenleitung und über die Rolle der „Platte" noch nichts wissen, der Annahme nichts im Wege steht, dass die Bewegung von dem einen Theil des Protoplasma durch die Platte auf den benachbarten Theil des Protoplasma übergehe. Auch wissen wir ja noch gar nicht sicher, ob diese „Platte" nicht vielleicht ein Kunstproduct ist, entstanden durch das leichtere Eindringen der angewandten Reagentien an der Einschnürung.

1) Bethe, Biolog. Zentralbl. Bd. 18, S. 856. 1898. Dort sind auch die Arbeiten von G. Mann und von Holmgren über den Durchtritt der Fibrillen durch die Ranvier'sche Einschnürung citirt.

Zweiter Vortrag.

Hautsinne und Gemeingefühle.

Der gewöhnliche Sprachgebrauch unterscheidet bekanntlich 5 Sinne: Gesicht, Gehör, Geruch, Geschmack und Gefühl. Die 4 ersten erweisen sich auch bei genauer anatomischer und physiologischer Erforschung als deutlich getrennte Sinne. Unter den Begriff Gefühl aber wirft man eine grosse Zahl grundverschiedener und zum Theil noch sehr wenig erforschter Sinne zusammen: Tastsinn, Wärmesinn, Kältesinn, Schmerzgefühl, Muskelsinn und Raumsinn, Kitzel, Schauder, Wollust, Hunger, Durst u. s. w.

Es wird zweckmässig sein, unsere Betrachtungen gleich mit dieser letzten grossen Gruppe von Empfindungen zu beginnen, weil sie bei allen anderen Sinnesempfindungen mitspielen, und es darauf ankommt, sie klar zu unterscheiden.

Wir wollen zunächst diejenigen drei unter diesen Sinnen herausgreifen, welche am eingehendsten studiert worden sind und insofern in eine engere Gruppe zusammengehören, als ihre Functionen ausschliesslich von der Hautoberfläche und von den Schleimhäuten an den Eingängen zu den Leibeshöhlen ausgelöst werden; es sind der Tastsinn, der Wärmesinn und der Kältesinn. Man bezeichnet sie auch mit dem gemeinsamen Namen **Hautsinne.** Man rechnet wohl auch noch den Schmerzsinn hierher, aber nicht ganz mit Recht, weil, wie wir bald näher sehen werden, das Schmerzgefühl nicht bloss von der Haut und den Schleimhäuten aus, sondern auch von anderen Körperteilen her erregt wird.

Dass die genannten 4 Hautsinne 4 getrennte Sinne sind, deren Functionen durch ganz getrennte Nervenapparate vermittelt werden, ist erst eine Erkenntniss der Neuzeit. Es war bis auf die neueste Zeit fraglich, ob die Hautsinne wirklich dem Gesetze der

specifischen Sinnesenergie folgen, ob wirklich jedem dieser Sinne specifische, periphere Endapparate in der Haut, eine getrennte Nervenleitung und getrennte specifische Endapparate im Centralorgan entsprechen. Es war ja denkbar, dass das Gesetz der specifischen Sinnesenergie eine Ausnahme erleide, dass auch ein und derselbe Nervenapparat qualitativ verschiedene Reize, als verschiedene Bewegungsvorgänge dem Gehirn zuführe und in dem gleichen centralen Endapparate verschiedene Empfindungen auslöse. Dass dieses nicht der Fall ist, dass die Hautsinne dem Gesetze der specifischen Sinnesenergie folgen, dieses zuerst deutlich nachgewiesen zu haben, ist das Verdienst zweier Forscher, die unabhängig voneinander dazu gelangt sind: des schwedischen Physiologen Magnus Blix[1]), Professor in Lund, und des deutschen Arztes A. Goldscheider[2]) in Berlin.

Blix wandte als Reiz den faradischen Strom an: den einen Pol einer Du Bois'schen Inductionsrolle bildete ein feuchter Leiter, der in grosser Ausdehnung die Haut berührte, den anderen Pol dagegen eine feine Metallspitze. Diese letztere Spitze liess er nun verschiedene Punkte der Haut berühren: an gewissen Stellen entstand ein Wärme-, an anderen ein Kälte-, an noch anderen Druckgefühl und an wiederum anderen Schmerz. Die Kälte- und Wärmepunkte waren besonders deutlich getrennt, sehr auffallend an den Beinen, wo Lücken von mehreren Quadratcentimetern vorhanden sind, die keine Wärme- oder Kälteempfindung haben. Es bedarf daher zum Nachweis der getrennten Kälte- und Wärmepunkte gar nicht überall besonders feiner Apparate; es genügt irgend ein Metallinstrument mit stumpfer Spitze — ein Schlüssel u. s. w. Blix bediente sich eines hohlen neusilbernen Conus, durch den während des Versuches kaltes oder warmes Wasser hin und her floss. Blix fand, dass die Kältepunkte im allgemeinen zahlreicher sind als die Wärmepunkte. Die Dichte der Kälte- und Wärmepunkte an verschiedenen Theilen der Hautfläche ist sehr verschieden[3]) und die Empfindlichkeit für

1) M. Blix, Zeitschr. f. Biol. Bd. 20, S. 141. 1884. Bd. 21, S. 145. 1885.

2) A. Goldscheider, Monatshefte für praktische Dermatologie. Bd. 3, Nr. 7—10. 1884, und „Gesammelte Abhandlungen". Bd. I, S. 53—312. Leipzig, Barth. 1898.

3) G. Sommer, Sitzungsber. d. physikal.-med. Ges. zu Würzburg. Jahrg. 1900, S. 63 u. 65. Elemer Veress, Pflüger's Arch. Bd. 89, S. 1. 1902.

Kälte- und Wärmereize an verschiedenen Körpertheilen sehr ungleich, wie die tägliche Erfahrung lehrt. Sehr beachtenswerth als weitere Bestätigung des Gesetzes von der specifischen Sinnesenergie ist die Thatsache, dass die Endapparate, welche die Kälteempfindung vermitteln, nicht bloss durch Wärmeentziehung erregt werden, sondern auch durch Erhitzung: wird ein Kältepunkt mit einem auf mehr als 45 ⁰ C. erwärmten Gegenstande berührt, so wird eine Kälteempfindung ausgelöst.[1])

Weit schwieriger als der Nachweis der getrennten Temperaturpunkte ist der Nachweis der getrennten Druckpunkte. Sie sind offenbar weit dichter gesäet, und es kommt hinzu, dass der physikalische Druck niemals auf einen Punkt der Haut allein ausgeübt werden kann, sondern sich stets auf benachbarte und tiefere Theile überträgt. Blix suchte diese Schwierigkeit durch Anwendung eines einfachen Apparates zu überwinden — eines Rosshaares an einem leichten Hebelarm; er fand so, dass besondere Druckpunkte vorhanden sind, an denen der geringste Druck am deutlichsten empfunden wird, und dass diese Punkte nicht mit den Kälte- und Wärmepunkten zusammenfallen. Blix fand ferner, dass es Punkte giebt, besonders an der Haut des Rückens, wo ein Nadelstich nicht empfunden wird, und macht auf die praktische Bedeutung dieser Thatsache für die nervenpathologische Diagnostik aukmerksam; der Arzt kann verleitet werden auf Anästhesie zu schliessen, wo ganz normale Verhältnisse vorliegen.

Die eingehendsten und sorgfältigsten Versuche zum Nachweis der getrennten Druck- und Schmerzpunkte hat Max v. Frey[2]) ausgeführt. Frey zeigte, dass, wenn bei der Untersuchung mit der Nadel die Schmerzpunkte von den Druckpunkten meist schwer zu trennen sind, dieses nur daran liegt, dass die Nadel an der trockenen Epidermis einen nicht unerheblichen Widerstand findet und die Haut trichterförmig einstülpt. Deshalb werden, auch wenn

1) M. v. Frey, Berichte der math.-phys. Kl. der k. sächs. Ges. d. W. zu Leipzig. Sitzung vom 4. März 1895, S. 172. S. Alrutz, Skand. Arch. f. Physiologie, Bd. 10, S. 340. 1900.

2) Max v. Frey, Berichte der math.-phys. Klasse der k. sächsischen Ges. d. W. zu Leipzig vom 2. Juli und vom 3. Dec. 1894. S. 185 u. 283, und vom 4. März 1895. S. 116. Vergl. ferner v. Frey, „Die Gefühle und ihr Verhältniss zu den Empfindungen.“ Akad. Antrittsvorles. Leipzig, Besold. 1894, und Goldscheider, Monatshefte für prakt. Dermatologie. 1884, Nr. 9 u. 10 und Du Bois' Arch. 1885, Suppl.

die Nadelspitze auf einen Schmerzpunkt trifft, die benachbarten Drucknervenäste miterregt. Wenn man dagegen die Haut anfeuchtet und sehr spitze Nadeln anwendet, so lassen sich deutlich getrennte Druck- und Schmerzpunkte unterscheiden. Frey gelang es ferner, mit Hülfe eines Brennglases getrennte Wärme-, Kälte- und Schmerzpunkte nachzuweisen.

Für das Vorhandensein getrennter Tast- und Schmerznerven sprechen ferner die Beobachtungen bei der Narkose, insbesondere bei der so eingehend studirten Aether- und Chloroformnarkose. Das Schmerzgefühl wird früher betäubt, als der Tastsinn. Es ist häufig constatirt worden, dass die Operirten in dieser Narkose noch jede Berührung der Haut deutlich wahrnehmen, aber selbst bei den heftigsten chirurgischen Eingriffen kein Zeichen des Schmerzes zu erkennen geben.[1]) Dasselbe gilt von der lokalen Anästhesie durch Cocaïn.[2])

Im besten Einklange mit diesen Beobachtungen stehen ferner gewisse pathologische Erfahrungen. Es kommt insbesondere bei Rückenmarkskrankheiten häufig vor, dass die Schmerzempfindlichkeit bei erhaltenem Tastsinn verloren geht: der Kranke empfindet die leiseste Berührung der Haut, während die stärksten Reize — Kneifen, Stechen — nicht den geringsten Schmerz hervorrufen. Aber auch das Umgekehrte kommt vor: Verlust des Tastsinnes bei erhaltenem Schmerzsinn. Ebenso wird bisweilen beobachtet, dass der Kältesinn oder der Wärmesinn total erloschen oder abgeschwächt ist, während der andere Temperatursinn vollkommen erhalten ist oder doch nicht im gleichen Maasse abgeschwächt.

Es fragt sich nun: lassen sich anatomisch für die 4 getrennten Hautsinne verschiedene percipirende Endapparate in der Haut und getrennte Nervenleitungen zum Centralorgan und bis zur Hirnrinde nachweisen?

Sie erinnern sich aus der Histiologie der verschiedenen Nervenendigungen in der Haut und in den Schleimhäuten: der Meissner'schen Tastkörperchen, der Vater'schen oder Pacini'schen Körperchen, der Krause'schen Endkolben, der freien Nervenenden zwischen den Epithelzellen u. s. w. Es liegt nahe, anzunehmen, dass diese verschiedenen Endigungen den verschiedenen Haut-

1) Dastre, „Les anesthésiques". Paris, Masson. 1890, p. 39 u. a.

2) Goldscheider, „Ueb. d. Schmerz." Berlin, Hirschwald. 1894, S. 6.

sinnen entsprechen, und es ist nicht zu bezweifeln, dass, wenn wir die verschiedene Ausbildung der verschiedenen Sinne in den verschiedenen Hautabschnitten genau feststellen und mit der verschiedenen Vertheilung der Nervenendigungen vergleichen, wir zu einer Entscheidung dieser Frage gelangen werden. Solche Untersuchungen aber sind eben erst begonnen worden. Eine Zusammenstellung der Litteratur über diese Frage findet sich in einer der letzten Mittheilungen von Max v. Frey[1]). Frey vermuthet, dass die freien Nervenenden die Schmerzempfindung percipiren, weil sich in der Cornea ausschliesslich freie Nervenenden finden und die Cornea ausschliesslich Schmerz percipirt. Von den Krause'schen Endkolben vermuthet Frey, dass sie die Kälte- und Wärmeempfindung percipiren, weil sie in der Conjunctiva und in der Glans penis vorkommen, wo die Druckempfindung fehlt. Die Meissner'schen Körperchen sollen dem Tastsinn dienen, denn sie finden sich am zahlreichsten in den Bezirken der Haut, wo das Tastvermögen am feinsten ausgebildet ist.

Noch weit unvollkommener als diese Vermuthungen über die getrennten Perceptionsorgane der verschiedenen Hautsinne sind unsere Kenntnisse von den getrennten Leitungsbahnen zum Centralorgan und zur Hirnrinde. Ich werde auf diese Frage erst in der Physiologie des Rückenmarks und Gehirns näher eingehen (Vortrag 13). Wir sind noch sehr weit davon entfernt, getrennte Leitungsbahnen und Centren für die verschiedenen Hautsinne erforscht zu haben. Die Aufgabe ist sogar noch weit schwieriger und verwickelter, als sie nach unseren bisherigen Betrachtungen erscheinen könnte, denn mit den sensiblen Fasern der hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven und der entsprechenden Hirnnerven — Trigeminus, Vagus — gelangen nicht bloss von der Haut her die sensiblen Fasern zum Centralorgan, sondern zugleich von allen inneren Organen, von allen Geweben mit alleiniger Ausnahme der Horngewebe. Hierher gehören die sensiblen Leitungsbahnen, welche die Raumvorstellung vermitteln, *das Bewusstwerden der activen Bewegung, der passiven Bewegung, der Stellung der Glieder, des Grades der Muskelanstrengung* — Gewicht, Widerstand u. s. w. —. Alle diese Eindrücke werden den Centralorganen zugeführt durch sensible, centripetale Nerven, die von den activen und

1) Max von Frey, Berichte der mathem.-physik. Klasse d. k. sächs. Ges. d. W. zu Leipzig. Sitzung vom 4. März 1895. S. 166.

passiven Locomotionsorganen — Muskeln, Sehnen, Knochen — durch die hinteren Rückenmarkswurzeln dorthin gelangen. Ich komme auf die Functionen dieser Nerven später noch mehrfach eingehend zurück. Es treten ferner zusammen mit den sensiblen Hautnerven alle die Fasern ins Centralorgan, welche die sogenannten **Gemeingefühle** vermitteln: *Hunger, Durst, Wollust, Kitzel, Jucken, Schauder, Stuhldrang, Harndrang, Anstrengung, Müdigkeit, Wohlbehagen, Unbehagen* u. s. w.

Ich erwähnte bereits, dass auch das Schmerzgefühl zu den Gemeingefühlen zu rechnen sei, weil es nicht bloss von der Haut ausgelöst werde. Es ist schwer den Begriff der Gemeingefühle zu definiren, d. h. anzugeben, was die Gemeingefühle miteinander gemeinsam haben, und was sie unterscheidet von den Hautsinnen. Dass die Gemeingefühle nicht wie die Hautsinne von der Körperoberfläche ausgelöst werden, gilt nicht von allen Gemeingefühlen. Kitzel und Schauder werden gerade von der Hautoberfläche her ausgelöst. Mir scheint es, was die Gemeingefühle unterscheidet nicht bloss von den Hautsinnen, sondern auch von allen übrigen eigentlichen Sinnen, vom Gesicht, Gehör, Geruch und Geschmack, ist der Umstand, dass wir die Gemeingefühle nicht wie die eigentlichen Sinnesempfindungen objectiviren, nach aussen verlegen. Wir sagen, wenn die Retina gereizt wird: dort steht ein Mann, dort liegt ein Buch, dieser Gegenstand ist hell, jener ist roth u. s. w. Wir sagen, wenn die Hautnerven erregt werden: dort liegt ein harter Gegenstand, das Eis ist kalt, die Luft ist warm u. s. w. Wir sagen aber nicht: dort ist ein Hunger oder eine Müdigkeit oder ein Kitzel. Sondern wir sagen: ich fühle Hunger, Müdigkeit u. s. w. Auch die Schmerzempfindungen projiciren wir nicht in die Aussenwelt, wohl aber in bestimmte Körpertheile, wenngleich diese Localisation nur ungenau ist. Die Schmerzempfindung liegt also in der Mitte zwischen den Gemeingefühlen und den eigentlichen Sinnesempfindungen.

Ich will nun auf den **Schmerzsinn** noch etwas näher eingehen, weil seine Kenntniss von besonderem, praktischem Interesse für den Arzt ist. Wir haben die Versuche kennen gelernt, aus denen hervorzugehen schien, dass die Schmerzempfindung durch einen besonderen Nervenapparat, besondere Perceptionsorgane und Leitungsbahnen vermittelt werde. Diese Auffassung ist keineswegs unbestritten. Es steht ihr die andere Auffassung gegenüber, nach

der alle Sinnesorgane bei starker Reizung Schmerzempfindungen hervorrufen. Eine solche Annahme braucht nicht einmal im Widerspruche zu stehen zum Gesetze der specifischen Sinnesenergie; wir können uns die Vorgänge so denken, dass bei schwacher Reizung der Erregungsprocess bis zu der Ganglienzelle vordringt, welche die specifische Sinnesempfindung vermittelt, bei stärkerer Reizung aber weiter gelangt, bis zu anderen Ganglienzellen, wo die Schmerzempfindung ausgelöst wird.

Gegen diese Auffassung aber spricht die Beobachtung, dass gewisse Sinnesnerven auch bei stärkster Erregung niemals eine Schmerzempfindung hervorrufen. So geben z. B. Goldscheider[1]) und v. Frey[2]) übereinstimmend an, dass die Kälte- und Wärmepunkte der Haut auf Einstich nicht Schmerz, sondern ihre specifische Empfindung wachrufen. Auch die stärkste Erregung des Opticus scheint niemals Schmerz hervorzubringen. J. Widmark[3]) zeigte, dass unvorsichtiges Sehen in die Sonne umschriebene Erblindung (Skotome) erzeugt, ohne dass man durch Schmerz gewarnt wird. Das unangenehme, schmerzhafte Gefühl der Blendung entsteht vielleicht durch Contraction der Iris, deren Reichthum an schmerzvermittelnden Nerven aus den Leiden der Iritis bekannt ist.

Die Frage bleibt offen. Noch auf dem letzten internationalen Psychologencongresse in München vertrat ein namhafter französischer Physiologe, Ch. Richet[4]), die Ansicht, der Schmerz sei nur eine graduelle Steigerung aller Sinnesempfindungen.

Fragen wir uns nun, welche Organe und Gewebe ausser der Haut noch schmerzerregende Nerven enthalten. Der Laie hat in dieser Hinsicht meist ganz verkehrte Vorstellungen. Er denkt sich, je tiefer man in das Innere des Körpers eindringe, desto schmerzhafter seien alle Organe. Daher die Furcht vor jedem operativen Eingriff. Insbesondere die Antivivisectionseiferer erhitzen damit ihre Phantasie. In Wirklichkeit ist genau das Gegentheil der Fall. Am schmerzhaftesten ist der Hautschnitt. Die tiefer gelegenen Organe sind weit weniger empfindlich. Zur Zeit vor der Einführung des Chloroforms hatten die Chirurgen reichlich

1) Goldscheider, Du Bois' Arch. 1885, Suppl. S. 18.

2) Max v. Frey, l. c.

3) J. Widmark, Skandinavisches Archiv f. Physiol. Bd. 4. S. 281. 1893.

4) Ch. Richet, „Dritter internat. Kongress f. Psychologie". München, Lehmann. 1897. S. 21.

Gelegenheit zu constatieren, dass Schnitte durch die Muskeln, Sehnen, Fascien nur wenig schmerzhaft sind. Knochen sind im gesunden Zustand so gut wie unempfindlich und vertragen Sägen, Bohren u. s. w., ohne Schmerzgefühl zu veranlassen. Dasselbe gilt von den Eingeweiden. Deshalb verzichten einige Chirurgen bisweilen noch heutzutage auf die Narkose bei Bauchoperationen, wo Störungen durch Erbrechen beim Chloroformiren befürchtet werden — Zerreissung der Nähte u. s. w. Dr. Partsch[1]) berichtet, dass bei einem Patienten, dessen Magen durch eine Stichwunde verletzt war, diese durch 17 Suturen vereinigt wurde, ohne dass der Kranke, wie er auf Fragen versicherte, irgend etwas von Schmerzgefühl empfand.[2]) B. Johnen[3]) hat sogar in fünf Fällen den Kaiserschnitt ohne Narkose ausgeführt: „Über besondere Schmerzhaftigkeit der Operation hat keine Frau geklagt, mehrere bestätigten auf Befragen, dass nur der erste Schnitt und das Zunähen schmerzhaft gewesen."

Im Gehirn aber muss es doch Schmerzcentren geben. Das müssen wir a priori erwarten. Ueber ihre Lage aber ist noch nichts bekannt. Viele Hirntheile sind jedenfalls schmerzlos. Einen eklatanten Beweis dafür lieferte der folgende Fall, den der Chirurg Edm. Rose[4]) auf dem Chirurgencongresse in Berlin im Jahre 1881 mittheilte. Ein Sträfling im Züricher Zuchthause will sich das Leben nehmen. Er findet in seiner Zelle kein anderes Werkzeug dazu als einen rostigen Nagel ohne Kopf. Diesen schlägt er sich in den Schädel hinein. Nach einiger Zeit meldet er sich unwohl, wird aber als Simulant abgewiesen und beruhigt sich. Er empfindet keine Schmerzen, erst nach 2 Monaten „etwas Kopfschmerz". Bei wiederholter Untersuchung wird der Kopf rasirt und „mitten auf dem Schädel" eine ganz unbedeutende Fistel entdeckt. Aus dieser wird nach geringer Erweiterung ein Knochenstück von der Grösse eines Fingernagels entfernt. Beim Herausziehen folgt der Nagel, welcher mitten in dem nekrotischen Knochenstück festsass und 3—4 cm tief in der Schädelhöhle gesteckt hatte. Die Heilung folgte der Extraction ohne Weiteres. —

1) Partsch, Breslauer ärztliche Zeitschr. Jahrgang 4, 1882. Nr. 22. S. 255.

2) Vergl. B. Riedel, Centralbl. f. Chirurgie. Jahrg. 9. 1882. Nr. 9. S. 141.

3) B. Johnen, Centralbl. f. Chirurgie. Jahrgang 9. S. 322. 1882.

4) Edm. Rose, Verhandl. d. deutsch. Ges. f. Chirurg. 1881. S. 533.

Nach 15 Jahren wurde der Sträfling aus dem Zuchthause entlassen und kam bald darauf wieder wegen Einbruches vor Gericht. —

Jedenfalls aber sind nicht alle Hirntheile schmerzlos. Nothnagel[1]) gibt an, dass bei Geschwülsten im Pons lebhafte, anhaltende Schmerzen in den Gliedern vorkommen. Edinger[2]) beschreibt einen Fall, den er dahin deutet, dass Reizung der Capsula interna Schmerz hervorruft. Eine 48jährige Frau war nach einem leichten apoplektischen Insult mit rechtsseitiger Lähmung und äusserst heftigen Schmerzen und Hyperästhesien der gelähmten Glieder behaftet. Die Lähmung besserte sich, die Schmerzen aber steigerten sich zu so furchtbarer Höhe, dass sie einen Selbstmord beging. Die Sektion ergab links einen kleinen Erweichungsherd, welcher den dorsalen Theil des Nucleus externus des Thalamus opticus und einen Theil des Pulvinar einnahm und sich lateral vom Pulvinar 1 mm in den hinteren Theil der inneren Kapsel hinein erstreckte. Eine Anzahl ähnlicher Fälle von Neuralgien centralen Ursprunges findet sich zusammengestellt in der Schrift von Goldscheider[3]) „Ueber den Schmerz".

Dass in der Norm nur in der Haut endigende Nerven intensiven Schmerz vermitteln, ist aus teleologischen Gründen klar. Diese Nerven sind Wächter, die rechtzeitig bei drohenden, schädlichen Eingriffen aller Art warnen. Unter pathologischen Bedingungen dagegen werden bekanntlich auch von inneren Organen aus die intensivsten Schmerzempfindungen ausgelöst. Auch dieses ist teleologisch erklärbar. Das kranke Organ fordert Schonung. Wir haben z. B. von den Vorgängen im Darm in der Norm keine Empfindung. Bei der leichtesten Entzündung aber entstehen heftige Kolikschmerzen. Säbelhiebe und Schusswunden werden häufig anfangs kaum empfunden. Erst wenn die entzündliche Reaction eintritt, stellen sich Schmerzen ein. So plausibel dieses in teleologischer Hinsicht ist, so wenig konnte es bisher erklärt werden. Es ist vorläufig noch durchaus räthselhaft, dass Schmerzempfindungen ausgelöst werden von Körpertheilen, die in der Norm gar keine Schmerznerven zu haben schienen.

1) Hermann Nothnagel, „Topische Diagnostik der Gehirnkrankheiten". Berlin, Hirschwald. 1879.

2) Edinger, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkunde. 1891. S. 262.

3) Goldscheider, ‚Über den Schmerz". Berlin 1894. S. 25—26.

Betonen möchte ich noch in praktischer Hinsicht, dass der Schmerz nicht bloss ein Feind ist, den der Arzt um jeden Preis und mit allen Mitteln bekämpfen soll. Der Schmerz ist zugleich der beste Freund, der Helfer und Bundesgenosse des Arztes. Den Befehlen dieses Bundesgenossen fügt sich der Patient viel unbedingter und gehorsamer als allen Anordnungen des Arztes.[1])

Ich bedaure daher lebhaft, über den Schmerz nicht mehr vortragen zu können. Ich habe mir redlich Mühe gegeben, unsere sehr dürftigen, in der Litteratur zerstreuten Kenntnisse zu sammeln. Wir wissen zur Stunde nicht mehr darüber. Es liegt etwas Beschämendes darin für die gesammte medicinische Wissenschaft, dass dieses qualvollste Symptom aller menschlichen Leiden noch so wenig beachtet und so wenig erforscht ist.

1) Goldscheider, l. c. Vgl. John Hilton, „Rest and pain". London, G. Bell & Sons. 1863. Eighth edition by W. H. A. Jacobson. 1901.

Dritter Vortrag.

Die quantitativen Leistungen des Tastsinnes. Der Muskelsinn. Die Raumvorstellung.

Ich kehre noch einmal zur Betrachtung des Tastsinnes zurück, denn wir haben seine Leistungen in einer Hinsicht noch nicht berücksichtigt — seine Leistungen in quantitativer Hinsicht. Der Tastsinn ist ein eminent quantitativer Sinn; und seine quantitativen Leistungen sind sehr genau untersucht worden. Man hat für die einzelnen Bezirke der Hautoberfläche genau festgestellt, wie viele Tasteindrücke dieselben zeitlich nacheinander empfangen, wie nahe nebeneinander wirkende Tasteindrücke sie gleichzeitig percipiren können und wie schwer das kleinste Gewicht sein muss, um noch wahrgenommen zu werden.

So erfahren wir z. B., dass wir mit der Hand noch 640 Stösse eines Zahnrades in einer Sekunde getrennt wahrnehmen. Erst, wenn die Zahl der Stösse grösser wird, verschwimmen die Eindrücke.

Wir erfahren durch die klassischen Untersuchungen Ernst Heinrich Webers[1]) (1795—1878) genau, wie weit zwei Zirkelspitzen von einander entfernt sein müssen, um noch getrennt wahrgenommen zu werden. Dieser Abstand beträgt

auf der Zungenspitze	1	mm
auf der Volarseite des letzten Fingergliedes	2	„
auf dem rothen Lippentheil	5	„
auf der Plantarseite des letzten Grosszehengliedes	11	„
auf der Stirn	23	„
auf dem Unterarm und Unterschenkel	41	„
auf der Mitte des Rückens	68	„
auf dem Oberarm und Oberschenkel	68	„

1) E. H. Weber, Artikel „Der Tastsinn und das Gemeingefühl“ im Handwörterbuch der Physiologie von Rud. Wagner. Bd. 3, Abth. 2. Braunschweig 1846. S. 539.

Ebenso gross sind die Unterschiede der Druckempfindlichkeit in den verschiedenen Bezirken der Haut. An der Stirn bewirken 2 mg auf einer Grundfläche von 9 mm^2 einen merklichen Druck. An der Volarseite des Fingers müssen 15 mg auf dieselbe Grundfläche drücken, um wahrgenommen zu werden, auf den Nägeln der Hände und Füsse 1 g.

Bemerken will ich hierzu, dass der Drucksinn sehr verfeinert wird durch die kurzen Härchen auf unserer Haut. So braucht man z. B. auf dem rasirten Daumenrücken ein Gewicht von 35 mg auf einer Grundfläche von 9 mm^2, um eine eben merkliche Druckempfindung auszulösen. Auf dem unrasirten Daumenrücken genügen dazu 2 mg. Jedes kleine Härchen ist ein empfindlicher Tastapparat. Der kurze Hebelarm steckt in der Haut, der lange dagegen dient dem Reize als Angriffspunkt. Der kurze Hebelarm aber ist mit Nervenfasern umgeben[1]). Diese Function ist, wie es scheint, die einzige Bedeutung, die den Haaren zukommt. Als Körperschutz können die spärlichen Haare uns nicht mehr dienen. Man könnte meinen, es wären Rudimente, ein Erbstück von unseren behaarten Vorfahren. Wir haben ja allerdings im Embryonalleben und bei der Geburt mehr Haare als in der späteren Entwicklung. Die Haare des Embryo können nicht als Schutzorgane betrachtet werden, da wir im Mutterleibe doch keiner Abkühlung ausgesetzt sind. Es sind also jedenfalls zum Theil rudimentäre Organe. Die nach der Geburt übrig bleibenden Haare aber haben noch die erwähnte wichtige Function, die Empfindlichkeit des Tastsinnes zu steigern.

Von den vielen Untersuchungen über die quantitativen Leistungen des Tastsinnes will ich nur noch die Versuche über die **Unterschiedsempfindlichkeit** bei der Wahrnehmung des Druckes hervorheben. Bringen wir ein Gewicht auf die Hand, nehmen es wieder fort und bringen darauf ein etwas schwereres Gewicht auf dieselbe Hand, so merken wir den Unterschied erst dann, wenn die Gewichtszunahme eine gewisse Höhe erreicht hat. Aus den Versuchen Ernst Heinrich Weber's geht hervor, dass die Gewichtszunahme $^1/_{30}$ (genauer $^1/_{29}$) des ersten Gewichtes betragen muss, damit wir den Unterschied merken. Wenn ich also ein Gewicht von 30 g auf der Hand habe, so muss ich 1 g hinzu-

1) Max von Frey, Ber. d. sächs. Ges. d. W. zu Leipzig. Math.-phys. Kl., 2. Juli 1894.

fügen, um die Zunahme zu merken. Habe ich aber 60 g, so muss ich 2 g hinzufügen, um die Zunahme zu merken. Bei einem geringeren Zusatze merke ich die Zunahme nicht. Zu 90 g muss ich 3 g hinzufügen u. s. w. *Es muss also die Gewichtszunahme stets dem bereits vorhandenen Gewichte proportional sein, um einen eben merklichen Empfindungszuwachs auszulösen.*

Dieses Gesetz, das auch für andere Sinne gilt — für den Temperatur-, den Licht- und Schallsinn, wenn es sich dort auch nur innerhalb gewisser Grenzen und nicht so scharf nachweisen lässt — nennt man das Weber'sche Gesetz.

Gustav Theodor Fechner[1]) (1801—1887) hat aus diesem Gesetze, das eine functionelle Beziehung ausdrückt zwischen dem Reiz und dem Reizzuwachs einerseits und dem Empfindungszuwachs andererseits, eine Formel abzuleiten gesucht, die eine Beziehung angiebt zwischen dem ganzen Reiz und der ganzen Empfindung. Der Weber'sche Satz lässt sich in folgende Formel bringen:

$$de = K \cdot \frac{dr}{r}.$$

Die Formel sagt, wenn das Verhältniss des Reizzuwachses zum Reiz $\frac{dr}{r}$ constant bleibt, auch der Empfindungszuwachs *de* constant ist, dass also $\frac{dr}{r}$ mit einer gewissen Constanten K multiplicirt immer *de* geben muss. Wer sich mit den Elementen der Differential- und Integralrechnung ein wenig befasst hat, sieht, dass wir hier eine Differentialgleichung vor uns haben, eine functionelle Beziehung zwischen den Zuwüchsen zweier variablen Grössen, und dass wir daraus durch Integration die Beziehung zwischen diesen Grössen selbst berechnen können. Es ist die bekannte Differentialgleichung der logarithmischen Function, die sich leicht integriren lässt. Wir haben also

$$e = \int K \frac{dr}{r} = K \cdot log.\ nat.\ r.$$

Die Empfindung ist also dem Logarithmus des Reizes proportional.

An diese Fechner'sche Formel hat man die hochfliegendsten Hoffnungen geknüpft. Man sagte sich: wenn die Geisteswissen-

1) G. Th. Fechner, „Elemente der Psychophysik". Leipzig, Härtel. 1860.

schaften den Grad der Exactheit nicht erreichen können, wie die Naturwissenschaften, so liegt das doch nur daran, dass wir die Objecte der Psychologie nicht quantitativ bestimmen, nicht messen können. Hier ist doch endlich der Anfang gemacht! Wir können aus dieser Formel die Grösse, die Intensität eines Seelenzustandes, der Empfindung berechnen.

Gegen die Fechner'sche Berechnung aber lassen sich folgende Einwände erheben:

1. Es ist eine ganz willkürliche Annahme, dass die eben merklichen Empfindungszuwüchse alle unter einander gleich seien.

2. Es ist nicht wahrscheinlich, dass zwischen Reiz und Empfindung ein direkter Causalzusammenhang bestehe. Es muss wahrscheinlich zwischen beide Vorgänge eine Reihe von anderen Processen eingeschaltet sein. Wir können nicht wissen, ob der Reiz und die Empfindung einen Causalzusammenhang im engeren Sinne bilden und somit überhaupt in einer quantitativen Beziehung zu einander stehen, oder einen Causalzusammenhang im weiteren Sinne und im Verhältniss von Veranlassung und Wirkung stehen [1]).

Kein Experimentum crucis kann jemals die Frage beantworten. Das Experimentum crucis entscheidet immer nur die Frage, ob überhaupt ein Causalzusammenhang in irgend einem Sinne — Veranlassung, Ursache im engeren Sinne, Bedingung — besteht. Ob ein Causalzusammenhang im engeren Sinne besteht, darüber kann nur die Messung beider Grössen, der Ursache und der Wirkung entscheiden. Diese Messung ist hier, in dem uns beschäftigenden Falle, an der Wirkung, an der Empfindung nicht ausführbar.

Die Fechner'sche Formel lässt uns — selbst wenn sie richtig wäre — ganz im Unklaren darüber, welche Art von Causalzusammenhang hier statt hat. Ständen Reiz und Empfindung zu einander im Verhältniss von Ursache und Wirkung im engeren Sinne, so müsste einfache Proportionalität statthaben. Wir haben aber die logarithmische Function. Wäre der Reiz die Veranlassung, so könnten wir gar keine quantitative Beziehung erwarten. Oder sollen wir noch eine besondere Art von Causalzusammenhang annehmen?

1) Ueber den Begriff des Causalzusammenhangs im engeren und weiteren Sinne siehe Bd. II dieses Lehrbuches. Vortrag 3.

Entscheiden lassen sich diese Fragen nicht. ***Wir können überhaupt auf dem ganzen Gebiete des Seelenlebens nichts messen, keine Intensität bestimmen. Nur zählen können wir gewisse sich wiederholende Erscheinungen.***

Ich kehre nun zum Weber'schen Gesetze zurück. Wenn wir den Versuch über die Unterschiedsempfindlichkeit des Drucksinnes so ausführen, dass wir die Hand beim Auflegen der Gewichte nicht stützen, sondern frei schweben lassen, so finden wir die Gewichte, welche den eben merklichen Empfindungszuwachs auslösen, weit niedriger. Die Unterschiedsempfindlichkeit ist grösser. Dieses ist offenbar nur so zu deuten, dass jetzt der Tastsinn unterstützt und verfeinert wird durch den sogenannten **Muskelsinn.** Dieser Muskelsinn ist jedenfalls ein sehr complicirter Sinn, der noch kaum erforscht ist. Er setzt sich zusammen aus dem Bewusstwerden 1. der aktiven Bewegung, 2. der passiven Bewegung, 3. der Stellung der Glieder, 4. des Grades der Muskelanstrengung — Gewicht, Widerstand —, 5. des Müdigkeitsgefühles u. s. w.

Die Existenz der sensiblen Nervenfasern in den aktiven und passiven Bewegungsorganen, in den Muskeln, Sehnen und Knochen zur Vermittelung dieser Empfindungen lässt sich anatomisch nachweisen. Karl Sachs[1]) (1853—1878) untersuchte den Verlauf der Nerven in den Lokomotionsorganen nach der Methode von Waller. Er durchschnitt beim Frosch die motorischen Nerven, welche degenerirten, und untersuchte nun den Verlauf der übriggebliebenen, der sensiblen Nerven. Er sah sie am Muskel mit feinen Ausläufern im Perimysium externum oder der angrenzenden Fascie enden, oder in den Interstitien der Muskelbündel im Bindegewebe; sie schienen auch auf eine noch nicht sichergestellte Weise an dic Muskelfasern selbst heranzutreten, ein Muskelbündel in Spiraltouren umwickelnd. Auch bei anderen Wirbelthieren der verschiedensten Klassen fand er ein ähnliches Verhalten.

Wie der Druck- und Tastsinn, so ist auch der Gesichtssinn mit dem Muskelsinn aufs Innigste verknüpft. Wie wir mit der beweglichen Körperoberfläche tastend über unsere Umgebung

1) Karl Sachs, Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1873, S. 578. Du Bois' Arch. 1874. S. 175, 491, 645; 1875. S. 402. Vgl. Ch. Sihler, Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. 68. S. 323. 1900. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. 56. S. 334. 1900. The journal of experimental Medecine. Vol. 5. p. 493. 1901.

hinfahren, so tastet auch das Auge in noch weiteren Kreisen über alles dahin, was uns umgiebt. Die Augen sind dazu befähigt durch den sehr komplicirten und vollkommenen Apparat der äusseren Muskeln. Die äusseren Augenmuskeln gestatten nicht bloss die Augen auf jeden Gegenstand zu richten; sie unterrichten uns auch durch das Convergiren und Divergiren beider Augen bei der Einstellung auf nahe und ferne Gegenstände über die Entfernung, den gegenseitigen Abstand und die Formen der Objecte. Dazu trägt wahrscheinlich ferner bei das Spiel des Ciliarmuskels und der Iris (vgl. Vortrag 7 und 8).

Bei jeder Bewegung werden neue Punkte der Netzhaut gereizt oder andere Tastnerven, und jeder neue Reiz dieser Nerven combinirt sich mit neuen Reizen sensibler Muskelnerven. Deshalb sind die Tast- und Lichteindrücke beständig mit **Raumvorstellungen** verknüpft.

Für die Annahme, dass es das Muskelgefühl ist, welches die Raumvorstellungen vermittelt, die sich mit den Gesichtseindrücken associiren, spricht auch der folgende interessante Versuch an Personen mit gelähmten äusseren Augenmuskeln. Ist der Rectus externus des rechten Auges gelähmt, und der Kranke will bei geschlossenem linken Auge nach einem rechts gelegenen Gegenstand greifen, so greift er regelmässig zu weit nach rechts. Denn er schätzt die Entfernung nach der Anstrengung, die er macht, um durch Contraction des Rechtswenders den Gegenstand zu fixiren[1]).

Ausser dem Auge und den Tastorganen ist kein anderes Sinnesorgan in der Art mit einem Muskelapparate verknüpft, dass bei jeder Muskelcontraction andere Sinnesnerven gereizt werden. Daraus erklärt es sich vielleicht, dass keine andere Sinnesempfindung die Tast- und Lichteindrücke beständig mit Raumvorstellungen verknüpft.

Die Geruchseindrücke sind mit keinerlei Formvorstellungen verbunden; wir können nicht sagen: diese Frucht riecht kugelförmig. Es hängt dieses offenbar damit zusammen, dass die Olfactoriusnerven an den starren, absolut unbeweglichen Wandungen der Nasenhöhle endigen. Gesetzt, wir hätten die Geruchsnervenenden an den beweglichen Fingerspitzen, so würde die Ge-

1) A. Eugen Fick, Lehrb. d. Augenheilkunde. Leipzig, Veit & Comp. 1894. S. 62.

ruchsempfindung bei der Annäherung der Fingerspitzen an die duftende Frucht stärker, bei der Entfernung schwächer werden. Und wenn wir in gleichbleibender Entfernung von der Oberfläche die Fingerspitzen um die ganze Frucht herumbewegten, so würde der Geruchseindruck constant bleiben. Wir würden so zu einer Vorstellung von der Entfernung, der Lage und der Form der duftenden Frucht gelangen; wir würden die Form riechen.

Die Zunge, auf der die Geschmacksnerven enden, ist allerdings sehr beweglich. Es gilt dieses aber mehr von der Spitze, an der vorherrschend Tastnerven enden, nicht von der Zungenwurzel, an der vorherrschend die Geschmacksnerven enden. Die Zungenwurzel ist zum Tasten wenig geeignet. Vor allem aber ist zu bedenken, dass die Geschmacksnerven in den Schmeckbechern endigen. Ob dieses oder jenes Nervenende im Geschmacksbecher erregt wird, hängt in keiner Weise von der Bewegung der Zunge oder von der Form des in die Mundhöhle gelangten Stoffes ab, sondern einzig und allein davon, ob von dem Körper etwas in Lösung geht und ob die Lösung in den Schmeckbecher diffundirt. Es kann also keine so unmittelbare Combination von Erregungen der sensiblen Muskelnerven und Geschmacksnerven zu Stande kommen.

Auch die Gehörsempfindung kann nicht mit Raumvorstellungen sich verknüpfen. Denn das innere Ohr ist in das starre Felsenbein eingebettet. Ob diese oder jene Nervenendigung im inneren Ohr erregt wird, kann in keiner Weise von Muskelcontractionen beeinflusst werden [1]).

Wie viel der Muskelsinn für das Zustandekommen der Raum- und Formvorstellung zu leisten vermag, selbst bei Ausschluss des Gesichtssinnes, nur mit dem Tastsinne vereint, geht aus folgenden Beispielen hervor:

Im Jahre 1853 starb in Tyrol der Bildhauer Joseph Kleinhaus. Dieser war in seinem fünften Lebensjahre infolge von Pocken erblindet. Er legte sich aufs Schnitzen aus eigenem Antriebe, um die lange Weile zu bekämpfen. Ein Bildhauer wurde

1) Die Frage, wie wir die Schallrichtung erkennen, ist noch immer unentschieden. Ich vermuthe, dass auch hierbei Muskeln im Spiele sind. Es würde mich jedoch zu weit führen, alle Erklärungsversuche zu besprechen. Ich verweise auf die interessante Arbeit von J. v. Kries: Z. f. Psychologie u. Physiol. d. Sinne. Bd. I, S. 235. 1890.

auf ihn aufmerksam und gab ihm Anleitung. In seinem zwölften Jahre schnitzte er einen Christus in Lebensgrösse. Später war er ein bekanntes Talent und hat 400 Christusbilder verfertigt. In Wien steht eine von ihm geschnitzte Büste des Kaisers Franz Joseph.

Auf dieses Beispiel beruft sich Schopenhauer[1]), um die Lehre Kants von der Apriorität und Subjectivität der Raumvorstellung zu begründen, vergisst aber, dass der Tastsinn genau ebenso wie der Gesichtssinn mit dem Muskelsinn sich paart.

Schopenhauer beruft sich ferner auf den Mathematiker Nicolas Saunderson (1682—1739), der im zwölften Monate seines Lebens an Blattern erblindete. Dieser war Professor der Mathematik an der Universität Cambridge und soll sogar Optik vorgetragen haben! Schopenhauer citirt als Quelle über ihn Diderot, Lettre sur les aveugles.

Aus neuerer Zeit werden zwei Beispiele von in früher Jugend nicht bloss erblindeten, sondern auch taub gewordenen Damen berichtet, die mit ihrem Tastsinn Unglaubliches geleistet haben:

Laura Bridgmann, taubstumm geboren, erkrankte im zweiten Lebensjahre an Scharlach und verlor infolge dessen durch Eiterung die Augen; der Geschmack und Geruch wurden beeinträchtigt. Sie wurde im Blindeninstitute zu Boston erzogen und erlangte eine hohe Bildung. Ihr Tastsinn, mit den Zirkelspitzen gemessen, betrug das Zwei- bis Dreifache des Normalen. Sie konnte sogar starke Tonschwingungen mit den Füssen wahrnehmen, bisweilen sogar die Stimme ihrer Bekannten mit den Füssen erkennen[2]).

Helen Keller wurde, 19 Monate alt, infolge einer acuten Krankheit blind und taub. Bis zum zehnten Jahre lernte sie nur Fingersprache. Darauf lernte sie sprechen, indem sie ihre Finger

1) Artur Schopenhauer, „Über die vierfache Wurzel des Satzes vom zureichenden Grunde." Sämmtliche Werke. Bd. I, Leipzig, Brockhaus. 1873. S. 57 u. 61.

2) Mind. 1879. Amer. Journal of Psychology. Oct. 1890 and Dec. 1891. Die Angabe über die mehr als normale Tastempfindlichkeit ist bestritten worden, „da wir doch jedenfalls die Grösse der Empfindungskreise der Haut im wesentlichen als abhängig von der anatomischen Vertheilung unserer nervösen Tastorgane in der Haut ansehen müssen". Jedenfalls zeigen nicht alle Blinden diese erhöhte Tastempfindlichkeit. W. Uhthoff, Beiträge zur Psychologie u. Physiologie der Sinne, Helmholtz dargebracht. Hamburg u. Leipzig, Voss. 1891. S. 166.

zugleich an den Mund und an den Kehlkopf Sprechender legte und so die Sprachbewegungen ablauschte und genau nachmachte. Sie lernte auch singen und Klavierspielen[1]).

Das Gegenstück zu diesen Blinden, die nur mit dem Tastsinn der Glieder im Raume sich orientiren, bilden die arm- und beinlos geborenen, sogenannten Rumpfmenschen, die fast ausschliesslich mit Hülfe der Augen sich orientiren und sich dennoch nach Aussage ihrer Eltern ebenso rasch wie andere Kinder über räumliche Verhältnisse ein sicheres Urtheil gebildet haben[2]).

Wenn also zwei so verschiedene Sinne, wie der Tastsinn und der Gesichtssinn, die gleichen Raumvorstellungen zu vermitteln scheinen, so müssen wir nach dem Gesetze von der specifischen Sinnesenergie vermuthen, dass es in Wirklichkeit gar nicht diese zwei Sinne sind, sondern ein dritter Sinn, dessen Eindrücke sich mit den Eindrücken der beiden anderen dermassen fest associiren, dass wir sie nicht mehr zu trennen vermögen. Dieser dritte Sinn ist vielleicht der Muskelsinn.

Vor allem aber dürfen wir nicht vergessen, dass der Muskelsinn ganz allein, auch ohne irgend welche Gesichts- oder Tasteindrücke Raumvorstellungen vermittelt. Wenn wir die Augen schliessen und die Glieder frei in der Luft bewegen, so dass wir keine Tasteindrücke empfangen, so haben wir dennoch in jedem Augenblicke eine klare Vorstellung von der Lage und Bewegung aller Glieder.

Die Vermuthung, dass der Muskelsinn die Raumvorstellung vermittele, wurde zuerst von Steinbuch[3]) ausgesprochen. Man wurde jedoch von seiner Ansicht abgebracht[4]) durch die Lehre Kant's von der Subjectivität und Apriorität der Raumvorstellung. Mir scheint diese Lehre Kant's unhaltbar; ich kann jedoch hier auf eine so weit führende metaphysische Frage nicht eingehen.

Gegen die Ansicht Steinbuch's kann man geltend machen, dass, wenn wir bei geschlossenen Augen an irgend einem Punkte

1) Mind. Oct. 1892 u. 1893, p. 280.

2) Eine interessante Zusammenstellung dieser Fälle von Rumpfmenschen hat Georg Hirth auf dem „Dritten internationalen Congresse für Psychologie in München 1896" mitgetheilt, S. 266 u. 267. München, J. F. Lehmann. 1897.

3) Joh. Georg Steinbuch, „Beiträge zur Physiologie der Sinne". Nürnberg, J. L. Schrag. 1811.

4) Johannes Müller, „Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes etc." Leipzig, Cnobloch. 1826. S. 52.

des ruhenden Körpers berührt werden, wir über die Lage dieses Punktes uns bewusst werden.

Gegen diesen Einwand aber lassen sich wiederum zwei Gegenargumente ins Feld führen: 1. Der Körper ist niemals absolut in Ruhe, und gerade die leisesten Bewegungen orientiren uns am genauesten über Raumverhältnisse. 2. Bestimmte Tasteindrücke sind bereits durch frühere — vielleicht schon durch ererbte — Erfahrungen associirt mit ganz bestimmten Muskelsinneseindrücken.

Dass es zur Erweckung der richtigen Raumvorstellung überhaupt nur eines sehr geringen Anstosses bedarf, dass hier ererbte Fähigkeiten mitspielen, werde ich später in der Optik näher entwickeln (vgl. Vortr. 6 am Schluss).

Dass die Lehre Steinbuch's die richtige sei, will ich durchaus nicht behaupten. Ich habe nur versucht, die Ansicht Steinbuch's zu vertheidigen, um das Nachdenken über dieses interessante Problem zu wecken, gebe aber unbedingt die Möglichkeit zu, dass die Frage ganz anders zu lösen sei. Wir könnten uns z. B. denken, dass sowohl von der Netzhaut und der Tastfläche als auch von allen aktiven und passiven Bewegungsorganen Nervenleitungen zu einem gemeinsamen Centrum im Hirn führen, dass auf allen diesen Bahnen Eindrücke dorthin gelangen und in irgend einer Weise zur Bildung der Raumvorstellungen beitragen.

Der **Zeitsinn** verhält sich ganz anders als der Raumsinn. Zeitlich geordnet ist überhaupt alles, was in unser Bewusstsein tritt. Der Zeitsinn scheint nicht durch Sinneseindrücke vermittelt zu werden. Es ist beachtenswerth, dass unser Zeitsinn gerade dann am feinsten und schärfsten fungirt, wenn wir alle Sinneseindrücke von uns fernhalten — im tiefsten Schlaf. Viele Personen besitzen bekanntlich die wunderbare Gabe, auf die Minute genau jede beliebige Zeit vorausbestimmen zu können, zu der sie aus dem Schlafe erwachen werden.

Vierter Vortrag.

Geschmack und Geruch.

Der specifische **Geschmacksnerv** ist der Glossopharyngeus. Seine Fasern enden bekanntlich auf dem hinteren Drittel des Zungenrückens, ferner auf dem Arcus glossopalatinus, auf einem schmalen Streifen des weichen Gaumens dicht hinter dem harten Gaumen und auf der Epiglottis. Nun kann man sich aber leicht überzeugen, dass auch der vordere Theil der Zunge Geschmacksempfindungen percipirt. Dieser Theil wird innervirt vom Trigeminus. Die Zunge hat ausser dem Geschmacksinn zugleich einen fein ausgebildeten Tastsinn. Diesen müssen wir dem Trigeminus zuschreiben, dessen sensible Aeste am Kopf dieselbe Rolle spielen, wie die hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven am übrigen Körper. Es fragt sich nun: Wie kommt die Geschmacksempfindung an den vorderen $^2/_3$ der Zunge zu Stande? Dass der Trigeminus sie vermittele, dagegen schien schon die Lehre von der specifischen Sinnesenergie zu sprechen.

Man hat gesucht, die Annahme, dass ausschliesslich der Glossopharyngeus die Geschmackseindrücke vermittele, dadurch zu retten, dass man auf die sogenannte Jacobson'sche Anastomose hinwies, auf den Eintritt von Glossopharyngeuszweigen in den Trigeminus. Sie erinnern sich aus der Anatomie, dass vom Ganglion petrosum des Glossopharyngeus ein Zweig, der Nervus tympanicus s. Jacobsonii durch den Canalis tympanicus in die Paukenhöhle tritt zum Plexus tympanicus. Von diesem geht ein Ramus communicans zum Ganglion geniculi des Facialis, steigt mit dem Facialis abwärts und geht dann mit der Chorda tympani zum Nervus lingualis. Eine zweite Communication ist wahrscheinlich folgende: Vom Plexus tympanicus geht der Nervus petrosus superficialis minor zum Ganglion oticum und von dort zum Nervus lingualis trigemini.

Die Ohrenärzte sind bisweilen gezwungen, bei Operationen am Ohre die Chorda tympani oder den Plexus tympanicus zu durchschneiden. Darauf beobachtet man Geschmacksstörungen am vorderen Zungentheile. Es kommt ferner bei ohrenärztlichen Operationen vor, dass die Chorda tympani mechanisch oder elektrisch gereizt wird. Dann gibt der Patient an, saure Geschmacksempfindungen an den Seiten und an der Spitze der Zunge wahrzunehmen.[1])

Somit scheint die Lehre von der ausschliesslichen Betheiligung des Glossopharyngeus an der Geschmacksperception gerettet. Es bleibt aber noch der Controllversuch zu machen übrig, nämlich zu zeigen, dass nach Entfernung der Trigeminusäste der Zunge der Geschmackssinn sich nicht ändert. Dieser Versuch könnte nur an Menschen gemacht werden, weil ein Thier niemals Rechenschaft ablegen kann über eine Aenderung der Geschmacksempfindungen. In der That ist der Versuch am Menschen gemacht worden:

Die Trigeminusneuralgie ist bekanntlich ein Leiden, das häufig jeder Behandlung trotzt und sich zu so furchtbarer Höhe steigert, dass Selbstmordversuche zu den constanten Symptomen dieser Krankheit gehören. Wenn man nun diesen Patienten die Radicalkur einer vollständigen Exstirpation des Trigeminus vorschlägt, so gehen sie darauf ein. „Lieber den Tod als diese Qualen" ist die stehende Antwort. Eine Durchschneidung der Trigeminuszweige erweist sich als nutzlos. Deshalb hat man sich zur Exstirpation des Ganglion Gasseri entschlossen. Solche Operationen finden sich beschrieben bei Fedor Krause[2]), Oberarzt am Altonaer Krankenhause. Nach dieser Operation hat es sich herausgestellt, dass der Geschmacksinn an der Zungenwurzel und am Gaumen nicht gelitten hatte, wohl aber an der Zungenspitze und in den vorderen zwei Dritteln des Seitenrandes, wo sauer, süss, salzig und bitter schmeckende Stoffe einen weniger intensiven Eindruck machten als auf der nicht operierten Seite.

Es scheint also nach diesen Versuchen, dass sich auch der Trigeminus an der Geschmacksperception betheiligt. Diese That-

1) Von neueren Arbeiten über die Geschmacksnerven im Plexus tympanicus sei erwähnt F. Kiesow und M. Nadoleczny: Zeitschr. f. Psychologie und Physiologie der Sinnesgane. Bd. 23, S. 33. 1900. Dort auch die früheren Angaben zusammengestellt.

2) Fedor Krause, Münchener med. Wochenschr., Jahrg. 42. S. 628. 1895.

sache würde übrigens nicht im Widerspruche stehen zur Lehre von der specifischen Sinnesenergie. Wir wissen ja nicht, wo die Geschmacksnervenbahnen in der Hirnrinde endigen. Es ist sehr wohl möglich, dass die Glossopharyngeusfasern und die in gleicher Weise fungirenden Trigeminusfasern an der gleichen Stelle endigen, in gleichen Endapparaten.

Unsere Sprache unterscheidet gewöhnlich nur 4 Geschmacksarten: Sauer, Süss, Salzig und Bitter. Es giebt ihrer aber jedenfalls mehr. Der adstringirende Geschmack der Gerbstoffe zum Beispiel, der vielen organischen Stoffen eigen ist, ist doch jedenfalls ein besonderer Geschmack. Dasselbe gilt vom metallischen Geschmack. Nach dem Gesetze der specifischen Sinnesenergie müssen wir nun erwarten, dass diese Eindrücke von verschiedenen Nerven, mit verschieden abgestimmten oder chemisch verschiedenen Endapparaten percipirt werden. Oehrwall[1]) untersuchte die Papillen der Zunge nach einem ähnlichen Princip, wie Blix die Haut untersucht hatte, nämlich mit Pinsel und Concavspiegel, und fand, dass jede einzelne Papille nur auf einen Geschmackseindruck reagirte, oder wenigstens nicht auf alle. Jede Papille und jeder Schmeckbecher enthält bekanntlich mehrere Nervenendigungen, die verschieden abgestimmt sein können. In einigen Papillen oder Schmeckbechern aber können auch alle Nervenenden gleich abgestimmt sein. Die Papillen auf dem hinteren Theile der Zunge percipiren hauptsächlich den bitteren Geschmack, die auf der Spitze den sauren. Gewisse Pflanzengifte lähmen einen Theil der Geschmacksnerven, während die anderen weiter fungiren. So lähmen die Blätter von Gymnema sylvestre den Geschmackssinn für Süss und Bitter, dagegen nicht für Salzig und Sauer, ebensowenig den Druck- und Temperatursinn.[2]) Man hat angegeben, dass auch das Cocaïn eine solche partielle Lähmung des Geschmackssinnes bewirke, analog seiner Wirkung auf die Hautsinne — Lähmung des Schmerzsinnes vor der des Tastsinnes —. Mosso und Aducco[3]) wollten gefunden haben, dass das Cocaïn nur die Empfindung des

1) Hjalmar Oehrwall, Skandinavisches Archiv für Physiologie, Bd. 2, S. 1 1890.

2) L. E. Shore, Journ. of Physiol., Vol. 13, p. 191. 1892; vgl. Oehrwall l. c. S. 32 u. 33.

3) V. Aducco u. U Mosso. Giornale della R. Accademia di Medicina. 1886. Nr. 1—2.

Bitteren aufhebe, nicht die übrigen Geschmacksempfindungen, aber Oehrwall[1]) konnte diese Angabe nicht bestätigen.

Schmecken können wir alle Stoffe, die sich in Wasser lösen. Es ist in dieser Hinsicht beachtenswerth, dass unsere Nahrungsstoffe mit alleiniger Ausnahme der Zuckerarten in Wasser unlöslich und somit absolut geschmacklos sind: das Fett, die colloïdalen Kohlehydrate und die colloïdalen Albumine und Albuminoïde. Daher die grosse Bedeutung der kleinen Spuren löslicher und flüchtiger Stoffe, die den Nahrungsmitteln beigemengt sind und auf die Geschmacks- und Geruchsnerven wirken.

Man hat sich viele Mühe gegeben, chemisch zu erklären, was die Stoffe miteinander gemeinsam haben, welche den gleichen Eindruck auf die Geschmacksnerven machen. Bei den sauer schmeckenden Stoffen lässt es sich einfach entscheiden. Alle Verbindungen, welche in ihrem chemischen Verhalten als Säuren sich charakterisiren und dabei löslich im Wasser sind, haben auch einen sauren Geschmack und nur solche Verbindungen.

Den reinen Salzgeschmack zeigt nur das Kochsalz. Alle anderen Salze haben einen unangenehmen Beigeschmack, den man als „metallisch" bezeichnet.

Die bitteren Stoffe gehören in chemischer Hinsicht zu den denkbar verschiedensten Gruppen.

Von den süss schmeckenden Stoffen gehören die meisten zu den mehrwerthigen Alkoholen: Glykol, Glycerin, Erythrit, Mannit, Zucker. Es gehören dahin aber auch Stoffe von ganz anderer Zusammensetzung, wie z. B. das Glykocoll (Amidoessigsäure), das Bromoform und das essigsaure Blei. Was alle diese Stoffe mit einander gemeinsam haben, konnte bisher nicht erkannt werden.[2])

Einen intensiv süssen Geschmack hat das Saccharin, von dem 1 g 70 Litern Wasser einen deutlich süssen Geschmack erteilt, während 1 g Rohrzucker nur 250 g Wasser deutlich süss macht, also 280 mal weniger süsst. Das Saccharin ist eine aromatische, stickstoff- und schwefelhaltige Verbindung und hat eine von allen bisher bekannten süss schmeckenden Stoffen gänzlich abweichende Zusammensetzung. Seine chemische Formel ist:

1) Oehrwall, l. c. S. 31 u. 32.

2) Eine Zusammenstellung aller Angaben über süss schmeckende Stoffe findet sich bei Wilh. Sternberg, Z. f. Psychol. u. Physol. d. Sinnesorganc. Bd. 35. S. 81. 1904.

```
          H
          |
          C
        // \
    H—C     C—SO₂\
      |     ||      N—H.
    H—C     C—CO /
       \\  /
          C
          |
          H
```

Man hat gehofft, diese Verbindung in der Therapie verwerthen zu können, um den Diabetikern, denen der Zucker schädlich ist, wenigstens den Geschmack des Zuckers zu verschaffen. Aber die Erfahrung hat gelehrt, dass das Saccharin den Diabetikern bei fortgesetztem Gebrauche unangenehm schmeckt; es bewirkt einen lange anhaltenden süssen Geschmack; es scheint nach der Resorption ins Blut mit dem Speichel wieder in den Mund zu gelangen und verdirbt den Appetit.[1]) Ferner wird angegeben, dass es die Verdauung störe: bei der künstlichen Verdauung mit Speichelferment, Pepsin und Pankreasferment wurde die Auflösung der Nährstoffe durch einen Saccharinzusatz beeinträchtigt.[2])

In neuerer Zeit ist statt des Saccharins das Dulcin als Ersatz für den Zucker vorgeschlagen worden.[3]) Das Dulcin ist 200 mal so süss wie der Rohrzucker. Es hat folgende Zusammensetzung:

```
          O—CH₂—CH₃
          |
          C
        // \
    H—C     C—H
      |     ||
    H—C     C—H
       \\  /
          C
          |
      H—N—C—NH₂
            ||
            O
```

p-Phenetolharnstoff.

1) E. Kohlschütter u. M. Elsässer, Archiv für klin. Med. Bd. 41. S. 170. 1887.

2) Plugge, Nederl. Tijdschrift voor Geneeskunde. 1888. p. 569.

3) Kossel, Sitzungsber. d. physiol. Gesellschaft zu Berlin. 1893. in Du Bois' Archiv 1893. S. 389.

C. A. Ewald[1]) gab an, dass er beim Menschen von 0,4 g dieser Verbindung keine schädlichen Wirkungen beobachtet habe. Aber bereits im folgenden Jahre berichtete G. Aldehoff[2]), dass schon 1 g pro die bei Hunden schwere Störungen hervorruft: der Harn wird ikterisch und nach 3 Wochen tritt der Tod ein.

So viel über den Geschmacksinn. Wir wenden uns nun zum **Geruchssinn**, der bei subjektivem Vergleiche dem Geschmacksinne am nächsten verwandt erscheint. Die beiden Sinne haben ferner eine ähnliche Aufgabe mit einander gemeinsam: sie sind die beiden Wächter, die am Eingange in den Organismus aufgestellt sind, um uns rechtzeitig vor übel schmeckenden und riechenden Stoffen, die meist auch gesundheitsschädlich sind, zu warnen.

Als specifischen Geruchsnerven betrachten die meisten Physiologen ausschliesslich den Olfactorius. Sie erinnern sich aus der Anatomie, dass sich die Fasern dieses Nerven nur in der oberen Nasenhöhle, in der sogenannten Regio olfactoria ausbreiten — an der oberen Partie der Nasenscheidewand, an der oberen Muschel- und dem obersten Theile der mittleren Muschel — wo sich die Schleimhaut schon bei der Betrachtung mit blossem Auge durch die bräunliche Farbe gegen die übrige Nasenschleimhaut abhebt. Die lufthaltigen Nebenhöhlen der Nase — Stirn-, Keilbein- und Kieferhöhle — besitzen keine Olfactoriusendigungen. Die Endigungsweise der Olfactoriusfasern ist eine eigenthümliche: die Ganglienzelle des ersten Neurons sitzt an der Oberfläche der Schleimhaut zwischen den Epithelzellen und endet nach der Nasenhöhle hin mit einem kurzen abgestumpften Kegel, an welchem eine Anzahl steifer Härchen, die Riechhärchen sitzen. Nach der anderen Seite läuft der Neurit. Dieser bildet bekanntlich im Glomerulus olfactorius ein Endbäumchen, welches mit einem ähnlichen Endbäumchen vom zweiten Neuron, von der Mitralzelle zusammentritt. (Vergl. Vortr. 13.)

Diese Eigenthümlichkeit des Verlaufes macht es unwahrscheinlich, dass auch andere Nerven die gleiche Function haben könnten. Thatsächlich aber verzweigen sich Trigeminusfasern zusammen mit den Olfactoriusfasern auf der Schleimhaut der Regio olfactoria, und die Erfahrungen, die wir am Geschmacksinn gemacht haben,

1) C. A. Ewald, Sitzungsber. d. phys. Gesellsch. zu Berlin 1893; in Du Bois' Arch. 1893. S. 390.

2) G. Aldehoff, Therap. Monatshefte. Bd. 8, S. 71. 1894.

lassen uns vermuthen, dass auch am Geruchssinn der Trigeminus mitbetheiligt sein könnte. Magendie (1783—1855) und sein Schüler Cl. Bernard (1813—1878) waren bereits dieser Ansicht.

Magendie zerstörte bei einem Hunde die beiden Olfactorii, indem er das Stirnbein trepanirte und bis auf die Lamina cribrosa vordrang. Die Wunde heilte. Nachdem der Hund sich erholt hatte, wurde folgender Versuch angestellt. Ein Stück Käse und ein Stück Holz wurden, jedes in Papier gewickelt, dem Hunde vorgeworfen. Der Hund nahm viel häufiger den Knäuel mit dem Käse und wickelte diesen heraus.[1])

Cl. Bernard berichtet folgenden Fall. Als er noch Assistent bei Magendie war, holte er sich eines Tages aus dem Krankenhause Hôtel Dieu den Kopf einer an Phthisis verstorbenen 29jährigen Patientin, um das Gehirn herauszupräpariren. Zu seinem Erstaunen findet er, dass die Olfactorii vollständig fehlen und die Lamina cribrosa undurchlöchert ist.[2]) Bernard macht sich sofort auf, um Nachforschungen über das Geruchsvermögen der Verstorbenen anzustellen. Im Hôtel Dieu wird ihm mitgetheilt, das Mädchen sei dort eine halbe Stunde nach dem Transport gestorben. Bernard begibt sich zu den Leuten, bei denen die Verstorbene zuletzt gewohnt hat. Diese sagen aus, das Mädchen sei eine gute Köchin gewesen und habe den Geschmack der Nahrungsmittel und Sauçen sehr wohl unterschieden; sie sei sehr empfindlich gegen üble Gerüche gewesen: wenn sie ein Zimmer betrat, wo am Abend vorher geraucht worden war, so habe sie sofort das Fenster geöffnet; sie habe sich über den Geruch der Abflussschale neben ihrem Schlafzimmer beklagt. Bernard erfährt, dass das Mädchen einen Liebhaber gehabt hatte, mit dem sie vier Jahre in wilder Ehe — „maritalement" — gelebt habe. Bernard macht sich auf, um auch diesen zu befragen. Der Schatz sagt aus, das Mädchen habe gerochen und geschmeckt wie andere Menschen; sie habe besonders duftende Blumen gern gehabt und daran gerochen; ihre einzige Eigenthümlichkeit sei ein Hang zur Melancholie gewesen. Bernard befragt schliesslich noch die Freundin des Mädchens, welche sie in den letzten zwei Monaten vor dem Transport ins Hôtel Dieu gepflegt hatte.

1) Cl. Bernard, „Leçons sur le syst. nerveux". T. II. p. 224. Paris 1858.

2) Cl. Bernard, l. c. p. 232 u. 233. Dort findet sich eine Abbildung des Gehirns ohne Olfactorii.

Die Freundin bestätigt gleichfalls, dass die Verstorbene einen feinen Geruchs- und Geschmackssinn gehabt, dass sie sich beklagt habe, wenn die Suppe keinen guten Geschmack hatte, und dass der Geruch des eigenen Nachtschweisses ihr unangenehm gewesen sei.

Lebec[1]) fand bei der Sektion einer Frau auf der rechten Seite vollständiges Fehlen des Olfactorius, links „ein kleines Rudiment". Die Frau soll während des Lebens normal gerochen haben.

R. Heschl[2]), Professor der pathologischen Anatomie in Krakau, fand bei der Sektion der Leiche eines 45 jährigen Mannes keine Olfactorii: „Jede Spur von Riechkolben und Riechstreifen, sowie der Riechnerven und der Trigona olfactoria fehlte ganz und gar, auch die Furche an der unteren Fläche der Vorderlappen, in welcher die Riechstreifen und Kolben liegen, mangelte. Ausserdem keine Anomalien im Gehirn." Die Siebplatte war nur von wenigen Löchern durchbrochen. Durch diese traten nur nervenlose Fortsätze der Dura, die mit dem Periost verschmolzen waren. Die Hoden waren bohnengross, ohne Samenkanälchen, der Kehlkopf von weiblichen Dimensionen. Der Patient war auf der Klinik von Dietl an Pneumonie gestorben. Bei wiederholten Ohnmachtanfällen war Ammoniak applicirt, aber „keine auffallende Wirkung" beobachtet worden. Der Patient hatte erklärt, „er rieche nichts, weil er schon seit langer Zeit an starkem Schnupfen leide." Mir scheint damit doch ausgesprochen, dass dem Patienten in gesunden Tagen der Geruchssinn nicht ganz gefehlt habe. Genauere Nachforschungen wurden unverantwortlicher Weise nicht angestellt.

Aus diesen drei Sektionsbefunden, sowie aus dem Experimente Magendies scheint hervorzugehen, dass die Trigeminusfasern alle Arten von Geruchsempfindungen percipiren. Man könnte sogar anfangen zu bezweifeln, dass der Olfactorius überhaupt etwas mit dem Geruchssinne zu schaffen habe. Dieser Zweifel aber wird sofort wieder beseitigt durch die Ergebnisse der erwähnten Operationen Krauses. Nach der Exstirpation des Ganglion Gasseri stellte es sich heraus, dass an der operirten Seite der Geruchssinn zwar abgeschwächt war, dass aber doch alle geprüften

1) Lebec, Progr. méd. Nr. 48. p. 972. Société de biologie. Séance du 17. Novembre 1883.

2) R. Heschl, Österreichische Zeitschrift für praktische Heilkunde. Jahrgang 7. 1861. S. 177.

Arten von Riechstoffen percipirt wurden.[1]) Wir kommen also zu einem analogen Resultate wie beim Geschmackssinne. Es sind zwei Nerven an den Function betheiligt.

Wenn der Trigeminus wirklich Geruchsempfindungen auslöst und zugleich auch Geschmacksempfindungen, so erklärt sich daraus vielleicht die innige Beziehung der beiden Sinne zu einander. Die Verknüpfung ist so eng, dass wir für gewöhnlich gar nicht entscheiden können, ob wir etwas riechen oder schmecken. Es ist charakteristisch, dass die schweizerdeutsche Mundart für riechen und schmecken nur ein Wort hat.

Wo die Neurone des Trigeminus, welche die Geruchs- und Geschmackseindrücke aufnehmen, ihren Anschluss an andere centripetal leitende Neurone im Gehirn finden, wo schliesslich die centrale Endigung dieser Leitungen in der Hirnrinde zu suchen ist, und in welche Beziehung diese Centren zu den Centren des Olfactorius und Glossopharyngeus treten, dieses Alles ist freilich noch völlig unentschieden. (Vergl. Vortrag 13.)

Fragen wir uns nun: Was haben alle die Stoffe mit einander gemeinsam, die wir mit dem Geruchssinne erkennen?

Wir können alle gasförmigen Stoffe riechen mit alleiniger Ausnahme derer, die unter normalen Verhältnissen beständig durch unsere Respirationsorgane streichen: Sauerstoff, Stickstoff, Wasserdampf, Kohlensäure. Es gehören zu diesen Ausnahmen ferner noch der Wasserstoff und das Sumpfgas (CH_4), die beide gleichfalls oft in der Inspirationsluft enthalten sind, wahrscheinlich auch oft in der Exspirationsluft.

Alle übrigen Gase sind riechbar mit einer einzigen Ausnahme: es ist das Kohlenoxyd (CO).

Teleologisch ist diese Einrichtung verständlich. Der Geruchssinn ist, wie erwähnt, der Wächter am Eingange zu den Respirationsorganen. Die giftigen Gase sind übelriechend, z. B. der Schwefelwasserstoff. Wir werden rechtzeitig vor ihnen gewarnt und fliehen sie unwillkürlich. Gewöhnlich aber sind es nicht die übelriechenden Gase selbst, vor denen wir gewarnt werden, sondern die faulenden Stoffe, aus denen die übelriechenden, aber nicht giftigen Gase aufsteigen. Die intensivsten unter allen uns bekannten Giften, die Toxalbumine sind nicht flüchtig und somit

1) Fedor Krause, Münchener med. Wochenschr. Jahrg. 42, S. 629. 1895.

auch ganz geruchlos. Zugleich mit ihrer Bildung aber entwickeln sich riechende Gase, z. B. die flüchtigen Fettsäuren und ihre flüchtigen Ammoniaksalze. Diese flüchtigen Stoffe sind nur wenig giftig; sie warnen aber vor den Toxalbuminen. Deshalb sträubt sich der Instinkt gegen den Genuss faulender Stoffe.

Wenn giftige Gase wohlriechend sind, wie die Dämpfe der Blausäure und gewisser ätherischer Oele, so erklärt sich auch dieses teleologisch daraus, dass sie in der Natur immer nur in unschädlich kleiner Menge vorkommen und häufig in nährenden Vegetabilien, wie die Blausäure im Pfirsichkern.

Die einzige Ausnahme bildet das Kohlenoxyd. Vor diesem furchtbaren Gifte werden wir nicht gewarnt. Es ist ganz geruchlos. Diese Ausnahme erklärt sich daraus, dass in der Natur das Kohlenoxyd niemals vorkommt. Wir sind darauf nicht gezüchtet. Kohlenoxyd wird nur künstlich durch Menschenhand dargestellt bei der unvollkommenen Verbrennung. Häufig werden wir, wenn wir die Gefahr bereits kennen, vor ihr gewarnt durch andere Gase, durch Produkte der unvollkommenen Verbrennung, die das Kohlenoxyd begleiten. Häufig aber, wenn das Kohlenoxyd durch unvollkommene Verbrennung reiner Kohle entsteht, ist das entwickelte Gas völlig geruchlos. Daher die grosse Gefahr.

Dass unser Geruchsorgan nur gasförmige Stoffe percipiren kann, wurde von Ernst Heinrich Weber[1]) durch folgenden Versuch nachgewiesen. Die Versuchsperson legt sich horizontal auf den Rücken mit nach hinten gebeugtem Kopfe, so dass die Nasenlöcher aufwärts gerichtet sind. Die Choanen werden durch den weichen Gaumen geschlossen. Nun giesst man Wasser, das $^1/_{11}$ Eau de Cologne enthält, in die Nasenlöcher. Es wird nicht der geringste Geruchseindruck wahrgenommen.[2])

Diese Tatsache ist auffallend, weil unser Geruchsorgan doch zweifellos aus dem homologen Organ der niederen, im Wasser lebenden Wirbelthiere hervorgegangen ist. Die Fische können

1) E. H. Weber, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1847. S. 342.

2) Die Richtigkeit dieser Weber'schen Beobachtung ist in neuerer Zeit bestritten worden. E. Aronsohn, Du Bois' Arch. 1884. S. 163; N. Vaschide, Compt. rend. de la soc. de biologie. 1901. p. 165. — Dabei ist jedoch zu bedenken, dass die Ausfüllung der Nasenhöhle mit Flüssigkeit in den Fällen, wo Geruchsindrücke wahrgenommen wurden, vielleicht keine vollständige gewesen war. Vgl. Elemer Veress, Pflüger's Arch. Bd. 95. S. 368. 1903.

mit ihrem stark entwickelten Geruchsorgan nur in Wasser gelöste Stoffe percipiren, und doch hat dieses Organ genau denselben Bau wie unser Geruchsorgan mit Riechhärchen, Riechzellen, Glomerulis, Mitralzellen u. s. w. Merkwürdig ist es ferner, dass, wenn luftbewohnende Wirbelthiere ins Wasser zurückkehren, sie ihr Geruchsorgan nicht mehr in ein im Wasser percipirendes zurückverwandeln können; sie verlieren es vollständig; die Cetaceen und Pinnipedier haben keine Olfactorii. Beachtenswert ist es jedoch, dass die Seehunde eine stark gefaltete Nasenschleimhaut haben, auf deren grosser Oberfläche sich Trigeminusfasern dicht verzweigen. Sollten die Pinnipedier nicht mit dem Trigeminus sowohl gasförmige Stoffe zur Zeit ihres Aufenthaltes an der Luft als auch im Wasser gelöste Stoffe beim Aufenthalt unter dem Wasser percipiren können?

Die Empfindlichkeit und Feinheit unseres Geruchssinnes ist sehr gross. So können wir z. B. das Merkaptan noch deutlich riechen, wenn auch nur $\frac{1}{23\,000\,000}$ Milligramm im Liter Luft enthalten ist.[1]) Das Merkaptan findet sich in den meisten Fäulnisgasen, und daraus erklärt sich teleologisch die grosse Empfindlichkeit unseres Geruchssinnes für diese Verbindung. Für Jodoform und Moschus wurde die Geruchsempfindlichkeit noch grösser gefunden.[2]) Untersuchungen über die Grenze der Geruchswahrnehmung haben die Chemiker vielfach beschäftigt, weil man sich auf diesem Wege eine Vorstellung bilden kann von der Kleinheit der Atome; man kann einen Maximalwerth für das absolute Gewicht der Atome feststellen.

Was an dem Geruchssinne aber noch mehr auffallen muss, als die grosse Empfindlichkeit, ist die grosse Zahl der qualitativ verschiedenen Geruchseindrücke. Die Zahl ist viel grösser als bei allen anderen Sinnen. Sie ist so gross, dass alle Sprachen der Welt ganz darauf verzichtet haben, den verschiedenen Geruchsqualitäten verschiedene Namen zu geben. Wir bezeichnen die Qualitäten nach den Stoffen, von denen die riechenden Gase ausgehen. Die grosse Zahl der Geruchsqualitäten könnte sogar einen

1) Emil Fischer u. Franz Penzoldt, Liebig's Annalen der Chemie. Bd. 239. S. 131. 1887.

2) Berthelot, Annales de chimie et de phys. (7.) T. 22. p. 460. 1901.

Zweifel daran aufkommen lassen, dass das Gesetz der spezifischen Sinnesenergie wirklich auch für den Geruchssinn Geltung habe, dass wirklich für jede Geruchsempfindung eine besondere Nervenleitung bestehe. Aber wir dürfen nicht vergessen, dass an jeder Geruchszelle mehrere Riechhärchen vorhanden sind, die verschieden abgestimmt sein könnten, von verschiedenen vorüberstreichenden Gasmolekeln in Mitschwingungen versetzt oder chemisch afficirt werden und die Erregung in getrennten Fibrillen desselben Axencylinders dem Centralorgan zuleiten könnten. Vor Allem aber müssen wir die Möglichkeit im Auge behalten, dass die grosse Zahl der Geruchsqualitäten durch Mischung einer geringeren Zahl von Urqualitäten entsteht, die in wechselndem Intensitätsverhältnisse zusammenwirken, ganz so, wie man in der Optik annimmt, dass die meisten Farben Mischfarben seien. (Vgl. Vortrag 9.)

Zu Gunsten der Annahme, dass das Gesetz der specifischen Sinnesenergie auch für den Geruchsinn Geltung habe, sprechen die folgenden Gründe:

1. Ganz verschiedene Stoffe bringen dieselbe Empfindung hervor, wie Blausäure und Nitrobenzol, Jodoform und Safran. Die Qualität der Empfindung ist unabhängig von der Qualität des Reizes.

2. Die Empfänglichkeit für gewisse, ganz bestimmte Geruchseindrücke kann verloren gehen, während die für alle anderen Eindrücke erhalten bleibt. So können z. B. einige Personen bei sonst feinem Geruchssinne den Duft der Reseda nicht wahrnehmen. Anderen Personen fehlt nur das Riechvermögen für Vanille. Ein Tabeskranker konnte alles Andere riechen, Benzoëharz aber nicht. Eine Hysterische konnte Benzoëharz besser als alles Andere riechen, Moschus aber gar nicht.[1]) A. Rollet[2]) hob durch Spülung der Nasenhöhle mit Gymnemasäurelösung den Geruchssinn vollkommen auf und beobachtete darauf, dass die Geruchsfähigkeit für verschiedene Stoffe zu ganz verschiedenen Zeiten wiederkehrte, für einige schon nach drei Tagen, für andere erst nach

1) H. Zwaardemaker, „Die Physiologie des Geruches". Leipzig Engelmann. 1895. S. 259. In diesem Werke findet sich eine Zusammenstellung der Quellenlitteratur über die gesammte Physiologie des Geruchssinnes.

2) A. Rollet, Pflüger's Archiv. Bd. 74. S, 383. 1899.

einem halben Jahr. Diese Erscheinungen der partiellen Anosmie sind den Erscheinungen der partiellen Farbenblindheit vollkommen analog. (Vgl. Vortrag 9.)

Die grosse Mannigfaltigkeit der Geruchsempfindungen bietet uns einen reichen Ersatz für die geringe Abwechselung der Geschmackseindrücke. Wir wählen unsere Nahrung mehr nach dem Geruche als nach dem Geschmack und glauben die Stoffe zu schmecken, die wir in Wirklichkeit nur riechen. Bei jedem Bissen, den wir verschlucken, schliessen wir die Choanen mit dem weichen Gaumen. Unmittelbar nach dem Schlucken aber erfolgt eine unwillkürliche Exspiration, bei der aus dem Schlunde die mit dem riechenden Stoffe noch imprägnirte Luft durch die Nasenhöhle streicht und in die Regio olfactoria hinaufsteigt.

William Ogle[1]) in London berichtet von zwei Kranken, die durch einen Sturz auf den Hinterkopf den Geruchssinn verloren hatten, den Geschmackssinn jedoch behalten, dass sie keinen Unterschied zwischen gekochten Zwiebeln und Äpfeln wahrnahmen. Portwein und Rothwein konnten sie unterscheiden: ersterer schmeckte wie Zuckerwasser, letzterer wie verdünnter Essig. Die beiden Patienten unterschieden nur 4 Geschmackseindrücke. Bitter, Süss, Salzig und Sauer.

Es genügt übrigens häufig das blosse Zuhalten der Nase, um Stoffe, die verschieden zu schmecken scheinen, im Grunde aber nur verschieden riechen, nicht mehr zu unterscheiden. So kann man scheinbar durch den Geschmack verdünnte Essigsäure, Salzsäure, Salpetersäure und Phosphorsäure leicht unterscheiden, nicht aber, sobald man die Nase zuhält.[2])

Bei aller Feinheit und Mannigfaltigkeit unseres Geruchssinnes erscheint er doch als sehr schwach entwickelt, wenn wir ihn mit dem der meisten anderen Säugethiere vergleichen. Bei den verschiedenen Säugethieren ist die Ausbildung des Olfactorius und der zugehörigen Centralorgane auffallend verschieden. So nimmt beim Gürtelthiere (Dasypus villosus) der Riechlappen fast die Hälfte des ganzen Vorderhirns ein. Beim Walfisch dagegen fehlt der Riechapparat fast vollständig. Cuvier und in neuester Zeit

1) William Ogle, Medico-chirurgical Transactions. Vol. 53. p. 263. 1870.
2) J. Conin, Archives de Biol. T. 8. p. 122. 1888.

E. Zuckerkandl[1]) theilen deshalb die Säugethiere ein in osmatische und anosmatische. Die letzteren zeigen deutliche Anzeichen der Verkümmerung, der regressiven Metamorphose des Geruchsapparates. Dahin gehört auch der Mensch; er kommt gleich nach den Cetaceen.

Deshalb können wir uns gar keinen Begriff bilden von der wichtigen Rolle, die der Geruchssinn im Seelenleben der meisten Säugethiere spielt. (Vgl. Vortrag 13.) Man denke nur an den Hund, der die Spur des Wildes findet, der die Spur seines Herrn herausfindet auf einer von zahlreichen anderen Personen betretenen Strasse.

Noch viel auffallender als bei den Säugern mit dem bestentwickelten Geruchssinne ist die Ausbildung dieses Sinnes bei gewissen Wirbellosen. Ich erinnere beispielsweise die Herren, die sich mit dem Sammeln von Schmetterlingen befasst haben, an den feinen Geruchssinn, mit dem die Männchen einiger Arten — der Gattungen Orgyia, Psyche u. s. w. — die Weibchen ausfindig machen. Hat man die ungeflügelten Weibchen im geschlossenen Zimmer zum Ausschlüpfen gebracht, so erscheint bald eine Anzahl Männchen aussen am Fenster, auch wenn es sich nach der Beschaffenheit des Terrains und der Vegetation nachweisen lässt, dass sie auf Entfernungen von einem Kilometer müssen herangeflogen sein. Wieviel von den flüchtigen Ausscheidungsprodukten eines so kleinen Thieres kann durch das geschlossene Fenster bis auf eine Entfernung von einem Kilometer fortgeführt worden sein? Und wie kann das Männchen diese Spur erkennen?!

Wir sehen auch an dieser Thatsache aufs Neue, welche wichtige Rolle in der Physiologie die **„Spur“** spielt. Für den Chemiker ist eine Spur nichts; er schiebt sie unbeachtet zur Seite. Für den physiologischen Chemiker ist die Spur oft die Hauptsache. Die wichtigsten Lebensfunktionen verrichtet das Thier mit Hülfe der Spuren; es findet die Nahrung und das andere Geschlecht. — Ich erinnere an die Rolle, welche die Fermentspuren in allen Stoffwechselvorgängen spielen, an den Einfluss, den die aus der Nebenniere ins Blut gelangenden Spuren auf die Herzarbeit und den ganzen Kreislauf ausüben; ich erinnere an die

1) E. Zuckerkandl, „Das periphere Geruchsorgan der Säugethiere.“ Stuttgart 1887. „Ueber das Riechcentrum“. Stuttgart 1887. „Anatomie der Nasenhöhle“. Aufl. 2. Wien 1893.

Spuren, die aus der Schilddrüse ins Gehirn gelangen und alle Geisteskräfte erhalten. Und wie gross ist vollends die Rolle, welche die Spuren als Gift und Gegengift im Kampfe der Zellen mit einander spielen! Die Gifte, mit denen unsere schlimmsten Feinde im Kampfe ums Dasein — die Bakterien auf uns einwirken, die „Toxalbumine" treten immer nur in so kleinen Spuren auf, dass sie sich jeder quantitativen Bestimmung entziehen. Vaillard und Vincent[1]) geben an, dass 1 ccm der filtrirten Reinkulturen des Tetanusbacillus nur 0,025 g organischer Substanz enthielt, und dass dieses Quantum — von dem das Gift doch nur einen verschwindend kleinen Bruchtheil ausmachte — hinreichte, tausend Meerschweinchen zu tödten oder hunderttausend Mäuse! Gegen diese Giftspuren, welche die Bakterien absondern, wehren sich die Zellen der Organismen, in welche die Bakterien einzudringen suchen, wiederum mit Spuren, mit den in ebenso kleiner Menge gebildeten „Alexinen", die ebenso tödtlich wirken. Dieser Kampf ums Dasein, den Zelle gegen Zelle mit ihren Spuren kämpfen, ist tausendmal mörderischer als der Kampf mit Krallen und Zähnen, den Darwin schildert.

Um zum Geruchssinn zurückzukehren — wie mächtig kann die Wirkung sein, welche die kleinste Spur eines flüchtigen Stoffes durch Vermittelung der Riechnerven auf das ganze Nervensystem ausübt! Man beobachte doch nur die plötzliche Erregung, in die ein Hund geräth, wenn er auf die Fährte einer läufischen Hündin oder auf die des Wildes trifft. Wie verschwindend gering muss die Menge flüchtiger Substanz sein, die der Fuss eines Birkhuhnes im Moose zurücklässt, wieviel geringer die Menge, die nach Ablauf von Stunden in die Nase des Hundes dringt? Und wie gewaltig ist die Wirkung! Ein Hühnerhund von edler Rasse bebt am ganzen Körper. Man kann auch nicht etwa annehmen, es seien die Erinnerungen früherer Jagdfreuden, die den Hund erregen. Nein, der Affekt wird unmittelbar durch den Geruchseindruck ausgelöst, ohne Vermittelung von Gedanken. Das sieht man an jungen Hunden, die zum ersten Male auf die Fährte des Wildes kommen.

Diese wichtige Rolle spielt der Geruchssinn im Leben des Menschen nicht mehr. Daraus dürfen wir indessen nicht schliessen,

1) Vaillard et Vincent, Annales de l'Institut Pasteur. Année V. p. 15. 1891.

dass der Geruchssinn für uns bereits etwas Unwesentliches sei. Ich erwähnte schon, dass die Geruchseindrücke bei der Auswahl der uns zuträglichen Speisen entscheiden. Der Duft der Speisen fördert die Verdauung. Dass die Speichelsecretion durch den Duft der Lieblingsspeisen angeregt wird, hat jeder an sich beobachtet. Indirekt aber wird dadurch die Secretion auch aller anderen Verdauungsdrüsen angeregt und der Verdauungskanal für die Nahrungsaufnahme vorbereitet. An Personen mit Darmfisteln lässt es sich zeigen, dass, wenn im obersten Theile des Verdauungskanales die Thätigkeit beginnt, die Secretion des Darmsaftes auch im untersten Theile bereits sich steigert. (Vergl. Bd. II. Vortrag 10 und 14.) Der Duft der Speisen wirkt aber auch direkt auf das Gemüth, auf das ganze Nervensystem und förderlich auf alle Functionen. Es ist nicht unproductive Genusssucht, wenn ein Mensch seine Lieblingsspeisen fordert. Ihr Genuss erhöht den Lebensmuth und die Arbeitskraft. Es ist nicht genug, wenn ein Mensch das nöthige Quantum Eiweiss, Fett und Kohlehydrate in seinen Magen einführt; die Nahrungsaufnahme soll dem Menschen Freude bereiten — jede Mahlzeit ein Fest —. Nur dann sind wir wirklich gestärkt und erfrischt zu neuer Leistung und Anstrengung.

Wie duftende Speisen die Verdauung anregen, so können übelriechende die Verdauung stören, ja antiperistaltische Bewegungen auslösen bis zum Erbrechen.

Wie gross die Bedeutung der Geruchseindrücke für den Ablauf aller Lebensfunctionen auch beim Menschen noch ist, das zeigt sich am deutlichsten beim Verlust dieses Sinnes. Der Verlust des Geruchssinnes tritt nicht selten ein bei Erkrankungen der Nasenschleimhaut und des Riechepithels, beim Verschluss der Luftwege in der Nasenhöhle durch Deviation des Septum, Polypen u. s. w., bei Unterbrechung der Nervenleitung an der Schädelbasis durch Tumoren, Meningitis, bei Erkrankung der Hirncentren, bei funktionellen Neurosen u. s. w. In solchen Fällen sieht man bisweilen bei den Patienten Appetitlosigkeit, Ernährungsstörungen und psychische Verstimmung eintreten, welche sich zu schwerer Melancholie steigern kann. Es kommen jedoch auch Fälle von vollständiger Anosmie vor, die ohne anderweitige Störungen verlaufen.[1])

1) Zwei derartige Fälle von wahrscheinlich angeborener, vollständiger Anosmie beschreibt Placzek, Berl. klin. Wochenschr. 1899. Nr. 51.

Es fragt sich nun, ob beim Menschen auch von der Beziehung des Geruchssinnes zum Geschlechtsleben noch etwas übrig ist. Die meisten Männer werden von einer Erregung des Geschlechtstriebes durch Geruchseindrücke wohl niemals etwas an sich beobachtet haben. Dennoch aber gibt es Personen, bei denen dieser atavistische Instinkt nicht nur vorhanden ist, sondern eine wichtige Rolle in ihrem Leben spielt. Es scheint, dass bei diesen Personen nicht nur der generelle Trieb erregt wird durch den Duft, der vom anderen Geschlechte ausgeht, sondern dass auch die individuelle Wahl durch Geruchseindrücke entschieden wird. — Die Möglichkeit, dass jedes Individuum seinen spezifischen Geruch habe, ist zuzugeben, wenn man sich der Thatsache erinnert, dass der Hund die Spur seines Herren aus allen anderen Spuren herausfindet. — Es wird insbesondere angegeben, dass der Duft des weiblichen Haupthaares bei vielen Männern plötzlich die wildeste Liebesleidenschaft anfachen und die individuelle Wahl fürs ganze Leben entscheiden kann. Dieses ist zu oft geschildert worden in Dichtungen aller Zeiten und Völker — angefangen vom Hohenlied Salomonis bis zu den modernen Romanen von Tolstoi, Bourget und Zola — als dass man daran zweifeln dürfte.[1])

Für den Zusammenhang des Geruchssinnes mit den Geschlechtsfunctionen scheint auch der bereits erwähnte merkwürdige Sektionsbefund Heschl's (S. 38) zu sprechen. In der Leiche des 45 jährigen Mannes, in der die Olfactorii fehlten, waren die Hoden nur bohnengross, ohne Samenkanälchen, der Kehlkopf von weiblichen Dimensionen. Dieser Sektionsbefund ist vorläufig meines Wissens noch völlig isolirt, fordert aber doch zu weiteren Forschungen auf.

2) Eine fleissige, wenn auch noch lange nicht erschöpfende Zusammenstellung von Angaben über die Bedeutung des Geruchssinnes im Geschlechtsleben des Menschen hat soeben Dr. Albert Hagen veröffentlicht: „Die sexuelle Osphresiologie". Charlottenburg, Barsdorf. 1901.

Fünfter Vortrag.

Gehör.

Die Gehörsempfindungen werden bekanntlich durch den achten Gehirnnerven, den Acusticus, vermittelt, der — abgesehen vom Amphioxus — keinem Wirbelthiere fehlt. Es ist ebenso aus der Anatomie bekannt, dass die Fasern dieses Nerven in dem häutigen Labyrinthe endigen, einem Organ, welches aus dem äusseren Keimblatte stammt und gleichfalls keinem Wirbelthiere fehlt. Die Ausbildung dieses Organs aber ist sehr verschieden. Bei Myxine findet sich nur ein Bogengang, bei Petromyzon kommt ein zweiter hinzu. Bei allen übrigen Wirbelthieren finden sich drei Bogengänge. Die Schnecke ist bei den Fischen eine Ausbuchtung des Sacculus, bei den Amphibien ein unbedeutender Anhang desselben und stellt bei den Reptilien und Vögeln einen kurzen kegelförmigen Fortsatz dar, welcher von der medianen Labyrinthwand abwärts gerichtet mit dem der anderen Seite convergirt. Auch die Monotremen zeigen noch eine ähnliche Stufe, und erst bei den übrigen Säugethieren tritt eine gewundene Schnecke auf.

Neuere anatomische Forschungen haben ferner festgestellt, dass sich der Acusticus aus zwei getrennten Nerven zusammensetzt, die einen ganz getrennten Ursprung im Centralnervensystem (vgl. Vortrag 13) und eine getrennte Endigung im Labyrinth haben, — dem Nervus cochleae und dem Nervus vestibuli. Jener tritt zur Schnecke, dieser zum Utriculus und zu den Ampullen. Der Nervus vestibuli scheint zum Gehörsinn in keiner Beziehung zu stehen. Denn nach Zerstörung des Utriculus und der Bogengänge hat man keine Störungen der Gehörswahrnehmungen beobachten können. Aber auch der Nervus cochleae könnte neben

der Gehörswahrnehmung noch andere wichtige Functionen haben. Bei den Fischen müsste er jedenfalls andere Functionen haben, wenn die Angabe richtig ist, dass die Fische überhaupt nicht hören, obgleich auch bei ihnen der Sacculus, von dem bei den höheren Wirbelthieren die Entwicklung der Schnecke ausgeht, innervirt ist.

A. Kreidl[1]), Assistent am physiologischen Laboratorium von Exner in Wien, experimentirte an Goldfischen und fand, dass sie auf starke Schalleindrücke nicht reagirten. Die Fische befanden sich in einer Glaswanne. Ueber die Wanne war ein Kasten aus Pappendeckel gestülpt. Dieser Kasten war an der dem Beobachter abgewandten Seite offen. Der offenen Seite gegenüber befand sich ein Spiegel. Der Beobachter stand hinter einem Schirm und beobachtete durch eine kleine Oeffnung den Spiegel; er constatirte, dass die Fische auf Töne, die von schwingenden Körpern ausserhalb des Wassers ausgingen — von schrillen Pfeifen, elektrischen Klingeln —, nicht reagirten, ebensowenig auf Töne, die durch ins Wasser tauchende Metallstäbe hervorgebracht wurden beim Anstreichen derselben mit dem Violinbogen oder auf elektromagnetischem Wege. Weder die Variation der Tonhöhe noch der Intensität war von irgend einem Einfluss.

Um die Erregbarkeit der Fische zu steigern, wandte Kreidl die Strychninvergiftung an. Das Strychnin setzt bekanntlich die Widerstände im centralen Nervensystem herab, die jeder reflectorischen Erregung im Wege stehen (vgl. Vortrag 14). Aber auch die strychnisirten Fische reagirten nicht auf in der Luft erzeugte Schallwellen, auch nicht beim Schwingen der ins Wasser tauchenden Stäbe, während ein strychnisirtes Kaninchen beim Ertönen einer Pfeife sofort in tetanische Krämpfe verfällt.

Eine deutliche Reaction war bei den Fischen nur zu erzielen durch einen plötzlichen Schlag auf den Deckel der Wanne oder durch einen Revolverschuss. Hier könnte es der Tastsinn sein, der die Perception zu Stande bringt. Solches ist ja auch beim Menschen möglich. Ich erinnere an die bereits erwähnte (S. 28) taubstumme und blinde Laura Bridgmann, die mit dem Tastsinne die Stimmen bekannter Personen erkannte. H. Strehl[2])

1) Alois Kreidl, Pflüger's Arch. Bd. 61, S. 450. 1895 und Bd. 63, S. 581. 1896.

2) H. Strehl, Pflüger's Arch. Bd. 61, S. 212. 1895.

machte Versuche an vier taubstummen Kindern, den taubsten aus zwei Taubstummenanstalten, und überzeugte sich, dass sie Schalleindrücke — Pfeifen, Knallen — wahrnahmen. Auf die Frage, mit welchen Körpertheilen sie die Eindrücke percipirten, gaben sie zuweilen die Füsse an, häufiger die Kopfgegend hinter den Ohren oder auch nur ein Ohr. Strehl verständigte sich mit den Kindern durch die Vermittelung ihres Taubstummenlehrers.

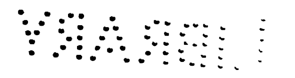
Diese Erfahrungen sind lehrreich. Wir ersehen daraus, wie schwer es sein kann, über die Art der Sinneswahrnehmung bei einem anderen menschlichen Individuum etwas zu erfahren — wie viel schwerer bei einer anderen Thierspecies. Je weiter eine Thierspecies im Stammbaum vom Menschen entfernt ist, desto weniger können wir uns ein Urtheil über die Art ihrer Sinneswahrnehmung bilden. Ob es unter den Wirbellosen überhaupt Thiere giebt, die hören, ist zweifelhaft.[1]) Die Leistungen des Geruchsinnes bei den niederen Thieren sind uns ganz räthselhaft (vgl. oben S. 44). Über die Bedeutung der Savi'schen Bläschen und der „Seitenlinien"[2]) bei den Fischen wissen wir nichts.

Kreidl[3]) fand Gelegenheit, seine Versuche an Fischen im Grossen unter möglichst natürlichen Bedingungen zu wiederholen. In dem altberühmten Benedictinerstift Kremsmünster in Oberösterreich befindet sich ein grosser Fischteich. Dort werden nach altem Brauche die Fische durch ein Glockenzeichen zum Futter gerufen. Der Fischer tritt an den Rand des Bassins und läutet

1) Kreidl, Pflüger's Arch. Bd. 61, S. 450. 1895. Dort ist auch die frühere Litteratur über den Gehörssinn der Wirbellosen zusammengestellt. Eine abweichende Angabe findet sich bei Bethe (Biolog. Centralbl. 1894. S. 114), der bei einer Crutacee, bei Mysis Gehörreactionen beobachtet haben will. Vgl. auch V. Hensen, Pflüger's Archiv. Bd. 74. S. 22. 1899. — Die weite Verbreitung der Otolithen in der ganzen Thierreihe spricht für ihre wichtige Bedeutung. Vorläufig aber ist uns diese noch gänzlich unbekannt. Vermuthungen darüber hat auf Grund umfangreicher vergleichender Beobachtungen J. Breuer aufgestellt. Pflüger's Arch. Bd. 48, S. 195. 1891.

2) Die Gründe, welche dafür sprechen, dass diese Organe Sinnesorgane seien, finden sich bei F. Leydig, Arch. f. Anat. 1850. S. 170 u. S. Fuchs, Pflüger's Arch. Bd. 59, S. 454. 1895. Dort die frühere Litt. zusammengestellt. Vgl. auch H. Stahr, Biolog. Centralbl. Bd. 17, S. 273. 1897 und G. H. Parker, „Hearing and allied senses in fishes". Extracted from U. S. Fish Commission Bulletin for 1902. p. 45. Washington, Government printing office. 1903.

3) Kreidl, Pflüger's Arch. Bd. 63, S. 581. 1896.



mit einer kleinen Handglocke. Sofort kommen die Fische herangeschwommen. Kreidl begab sich dorthin und überzeugte sich davon, dass die Fische nur durch die Erschütterung von den Tritten des herankommenden Fischers und durch seinen Anblick angelockt werden. Wenn man sich leise an den Teich heranschleicht, ohne von den Fischen gesehen zu werden, so lockt das Läuten sie nicht an.

Gegen die Ansicht Kreidl's, dass die Fische nicht hören, sind in neuester Zeit Victor Hensen[1]) und G. H. Parker[2]) aufgetreten. Sie berufen sich vor allem darauf, dass uns bereits 80 Species musicirender Fische bekannt sind, welche zischende, schnurrende, trommelnde, pfeifende Töne hervorbringen. Bei einer dieser Species, Cynoscion regalis, wurde festgestellt, dass nur das Männchen musicirt.[3]) Andere musiciren am lautesten und deutlichsten zur Laichzeit. Es wird dadurch wahrscheinlich, dass es sich um Lockrufe handelt. Einige dieser Fische aus der Familie der Welse leben in südamerikanischen Flüssen am Grunde des oft sehr trüben Wassers und haben kleine Augen. William Sörensen, der das Leben dieser Thiere am eingehendsten studirt und auch über die Art, wie sie die Töne hervorbringen, vielfache Versuche angestellt hat, sagt wörtlich: „It is evident, that in these fishes the two sexes are guided much less by the eye than by the ear in finding each other.“[4]) Der Einwand bleibt immer noch offen, dass die Fische die Lockrufe nicht mit den Nervenenden des Labyrinths percipiren, sondern mit den Tastnerven oder mit einem uns unbekannten Sinn wie den „Seitenlinien“. Diesen Einwand sucht Parker durch Versuche zu widerlegen, in denen er Fischen den Nervus acusticus durchschnitt und fand, dass sie darnach auf Schalleindrücke weit weniger lebhaft reagirten.[5]) Aber auch diese Versuche sind nicht ganz überzeugend, weil man die Möglichkeit zugeben muss, dass

1) Victor Hensen, Pflüger's Archiv. Bd. 74. S. 35. 1899.

2) G. H. Parker, „Hearing and allied senses in fishes.“ Extracted from U. S. Fish Commission Bulletin for 1902. p. 45. Washington. Government printing office. 1903.

3) Parker, l. c. p. 48.

4) William Sörensen, Journal of Anatomy and Physiology. Vol. 29. p. 406. 1895.

5) Parker, l. c. p. 51—53.

die Fische nach dieser Operation überhaupt geschwächt waren und nicht mehr fähig auf alle Reize deutlich zu reagiren.

Was die Fische betrifft, so ist es also noch Gegenstand der Controverse, ob das gesammte Labyrinth mit dem Gehörsinn überhaupt etwas zu schaffen habe. Bei den höheren Wirbelthieren steht wenigstens ein Theil des Labyrinthes zum Gehörsinn in keiner Beziehung. Den Utriculus und die Bogengänge sammt den Ampullen kann man bei Vögeln und Säugethieren exstirpiren, ohne dass Taubheit eintritt. Der Verlust der Schnecke dagegen hat Taubheit zur Folge.

Dass Verletzungen der Bogengänge keine Gehörstörungen bewirken, wohl aber ***Störungen im Gleichgewicht und in den Bewegungen*** der Thiere, wurde zuerst von Flourens[1]) (1794—1867) an Tauben beobachtet und später von vielen Forschern an verschiedenen Thieren bestätigt, in neuerer Zeit durch besonders sorgfältige Versuche von J. R. Ewald[2]) und J. Steiner[3]). Letzterer stellte seine Versuche an Haifischen an und zeigte, dass, wenn man die Bogengänge auf beiden Seiten unter gewissen Cautelen entfernt, keine Gleichgewichtsstörungen eintreten, „soweit man dabei einfache Ortsbewegungen in Betracht zieht". „Erst wenn genauere Prüfungen der Beweglichkeit vorgenommen werden, treten Gleichgewichtsstörungen ein." Wenn andere Forscher bei Warmblütern tiefer greifende Störungen beobachtet haben, so bleibt es unentschieden, ob wirklich nur der Ausfall der Bogenfunctionen die Ursache der Störungen war oder ob nicht vielleicht nur indirekt der operative Eingriff Störungen gewisser Hirnfunctionen und in Folge dessen Störungen des Gleichgewichtes der Bewegungen hervorgebracht hatte. (Vergl. Vortrag 17.)

Man musste sich nun die Frage vorlegen, was denn das Gemeinsame sein könnte in den Functionen des Utriculus und der Bogengänge einerseits, des Sacculus und der Schnecke an-

1) M. J. P. Flourens, Comptes rendus 1861. I. p. 673 Recherches expérimentales sur les propriétés du système nerveux. p. 483. Paris 1842.

2. J. R. Ewald, „Physiol. Unt. üb. d. Endorgane des Nervus octavus". Wiesbaden, Bergmann. 1892.

3) J. Steiner, Sitzungsber. d. Berliner Akad. 1886. I. S. 499 und „Die Funktionen des Centralnervensystems und ihre Phylogenese". Vierte Abtheilung. S. 48—53. Braunschweig, Vieweg u. Sohn. 1900. Vgl. auch G. Gaglio, Arch. ital. de Biologie. T. 31. p. 377. 1899 u. T. 38. p. 3. 1902. u. G. H. Parker, l. c. p. 52.

dererseits. Warum hängen diese beiden Organe so innig zusammen? Die Endolymphe communicirt in beiden. Sie entwickeln sich aus demselben epithelialen Bläschen. Auch die Nervenendigung ist in beiden ähnlich. Haarzellen, zu denen die Endfasern der Nerven verlaufen, finden sich auch auf der Macula acustica des Utriculus und auf den Cristae acusticae der Ampullen. Das Gemeinsame besteht vielleicht darin, dass in beiden Organen die Nervenenden erregt werden durch die Bewegung der Endolymphe, durch ihre Reibung an den Wandungen des häutigen Labyrinthes. Die Vermuthung wurde nahe gelegt, dass die Bogengänge mit den Ampullen das Organ seien für die Wahrnehmung der passiven Bewegung. Wird ein mit Flüssigkeit gefülltes Gefäss rasch gedreht, so kann der Inhalt nicht so rasch der Bewegung folgen. Es entsteht eine Reibung der Flüssigkeit an den Wandungen des Gefässes. Die Lage der drei Bogengänge in den drei Coordinatenebenen des Raumes könnte so die Vorstellung von den Lagenänderungen des Körpers vermitteln. Diese Vermuthung wurde zuerst von Goltz[1]) ausgesprochen, später von Cyon[2]) und Anderen vertreten. Die Litteratur über die Bedeutung der Bogengänge ist sehr umfangreich und die Erklärungsversuche sind sehr widersprechend.[3])

Für die Ansicht, die Bogengänge hätten mit der Fähigkeit der Orientirung im Raume etwas zu thun, ist unter Anderem auch die Thatsache ins Feld geführt worden, dass nur die Wirbelthiere, nicht aber die Wirbellosen, die kein Labyrinth haben, durch Drehen schwindlig gemacht werden können. An Kaulquappen kann man zeigen, dass der Drehschwindel bei ihnen erst hervorgebracht werden kann von dem Entwicklungsstadium an, wo die Bogengänge bei ihnen auftreten, nicht früher. K. L. Schaefer[4]) brachte Kaulquappen in einem Pappkasten — „an dessen Wand ganz leicht angetrocknet" — auf die Centrifuge. Wurden sie darauf ins Wasser gebracht, so setzten sie dort die-

1) Goltz, Pflüger's Arcb. Bd. 3, S. 172. 1870.

2) E. v. Cyon, Arch. f. An. u. Physiol. 1897. S. 29. Pflüger's Arch. Bd. 94. S. 139. 1903.

3) Man lese darüber V. Hensen, Pflüger's Arch. Bd. 74. S. 22. 1899 und Josef Breuer, Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. in Wien. Math.-natw. Klasse. Bd. 112. Abth. III. Nov. 1903.

4) Karl L. Schaefer, Zeitschr. f. Psychologie und Physiologie der Sinne. Bd. 7, S. 1. 1894.

selbe Rotation, der sie soeben passiv ausgesetzt waren, activ fort in demselben Sinne, um dieselbe Axe. Vor der Entwicklung der Bogengänge wurde dieses nie beobachtet.

Auch am Menschen glaubte man Störungen des Gleichgewichtes und der Bewegung als Folge der Verletzung der Bogengänge beobachtet zu haben — den sogenannten Menière'schen[1]) Symptomencomplex: „unsicheren Gang, heftigen Schwindel, Drehbewegungen, Erbrechen, ohnmacht-ähnliche Zustände, Schwerhörigkeit, Ohrensausen". Menière konnte die Leiche eines Patienten, der diesen Symptomencomplex gezeigt hatte, seciren, und fand ein hämorrhagisches Exsudat in den Bogengängen. Spätere Beobachtungen haben jedoch gezeigt, dass ähnliche Symptome auch durch Störungen im Mittelohr und durch Affektionen des Acusticus und seiner centralen Bahnen und überhaupt Erkrankungen des Gehirns hervorgerufen werden. Bei einem Kranken, den Oskar Wolf[2]) secirte, fand sich in der Tonsilla cerebelli ein kirschgrosser Tumor — wahrscheinlich eine Gummigeschwulst —, die auf den Ursprung des Nervus acusticus gedrückt hatte. Auch sind Blutergüsse ins Labyrinth beobachtet worden, ohne dass Schwindelerscheinungen aufgetreten waren.[3]) Politzer[4]) sah einen Fall von vollständigem Fehlen der Bogengänge ohne Coordinationsstörungen. Larsen und Mygind[5]) fanden gleichfalls bei einer Section völligen Mangel der Bogengänge und hochgradige Obliteration des übrigen Labyrinthes. Im Alter von $2^1/_2$ Jahren hatte der Patient an einer Hirnhautentzündung gelitten; in Folge dessen trat Taubstummheit ein. Zwei Decennien später fand die Sektion statt. Von Störungen der Orientirung im Raum und der Coordination der Bewegungen war nicht das Geringste beobachtet worden.

Anomalien der Bogengänge sind häufig bei der Section von

1) Prosper Menière, „Mém. sur des lésions de l'oreille interne donnant lieu à des symptomes de congestion cérébrale apoplectiforme". Gaz. méd. de Paris. 1861.

2) Oskar Wolf, Zeitschr. f. Ohrenheilk. Bd. 8, S. 380. 1879.

3) A. Lucae, Arch. f. Ohrenheilkunde. Bd. 17, S. 245. 1881.

4) A. Politzer, Lehrbuch der Ohrenheilkunde. Stuttgart, Enke. 1878. S. 809.

5) P. C. Larsen u. Holger Mygind, Arch. f. Ohrenheilkunde. Bd. 30. S. 188. 1890.

Taubstummen gefunden worden.[1]) Man konnte deshalb erwarten, dass Locomotionsstörungen und Unbeholfenheit in der Beherrschung der Muskeln bei Taubstummen häufiger vorkämen, als bei anderen Menschen. Nach einer statistischen Untersuchung von Strehl[2]) ist dieses jedoch nicht der Fall. Die abweichenden Angaben Anderer sind vielleicht darauf zurückzuführen, dass Taubstumme überhaupt oft schwächlich, ängstlich und unentwickelt sind. Dagegen finden sich unter den Taubstummen mehr Individuen, welche die Fähigkeit eingebüsst haben, beim Drehen schwindlig zu werden.[3]) Ob dieses Fehlen des Schwindelgefühles gerade bei den Taubstummen statt hat, die Anomalien der Bogengänge besitzen, bleibt natürlich unentschieden. Das Fehlen des Schwindelgefühles könnte auch auf Störungen in der Function gewisser Hirntheile beruhen, die nur indirekt mit Abnormitäten des Labyrinthes oder der Gehörcentren zusammenhängen.

Das Fehlen des Schwindelgefühles darf insofern als ein Mangel, eine Abnormität betrachtet werden, als der Schwindel uns vor Gefahren warnt.

Nachdem wir so die Bedeutung derjenigen Theile des Labyrinthes besprochen haben, von denen man nach dem gegenwärtigen Stand unseres Wissens vermuthen muss, dass sie nichts mit dem Gehörsinn zu schaffen haben, wenden wir uns nun zu dem eigentlichen Gehörorgan, der **Schnecke.**

Unter normalen Verhältnissen werden die Nerven, die in der Schnecke endigen, nur durch die Schallwellen der Luft erregt. Es ist aus der Anatomie bekannt, wie diese Wellen zunächst das Trommelfell in Mitschwingungen versetzen und wie sich dann diese Schwingungen durch die Gehörknöchelchen auf die Membran übertragen, die mit dem Fusse des Steigbügels verwachsen ist und die Fenestra ovalis verschliesst. Die Schwingungen dieser Membran können sich nun durch den ganzen flüssigen Inhalt der Schnecke fortpflanzen, da die Membran der Fenestra rotunda nachgiebig ist und allen Druckschwankungen folgt. Es pflanzt sich daher die Wellenbewegung von der Fenestra ovalis durch die Scala vestibuli zur Kuppe der Schnecke fort und von da durch die Scala tympani zur Fenestra rotunda. Dieses ist die gewöhnliche

1) H. Mygind, Arch. f. Ohrenheilkunde. Bd. 30, S. 76. 1890.
2) H. Strehl, Pflüger's Arch. Bd. 61, S. 228. 1895.
3) H. Strehl, l. c. S. 225.

Annahme. Es ist indessen unwahrscheinlich, dass die Wellen sich durch das enge Helicotrema gut fortpflanzen; der Widerstand ist zu gross. Es scheint wahrscheinlicher, dass sich die Wellenbewegung der Scala vestibuli durch die Lamina spiralis membranacea auf die Flüssigkeit der Scala tympani überträgt. Auf dem ganzen Wege werden die auf der Lamina spiralis membranacea (s. Membrana basilaris) endigenden Nerven erregt.

Ausserdem können natürlich Schallwellen auch durch die Kopfknochen zur Schnecke fortgeleitet werden, z. B., wenn man eine schwingende Stimmgabel an die Zähne oder auf den Schädel drückt. Es ist ferner klar, dass auch starke Luftwellen durch die Haut und die Knochen des Kopfes zum Labyrinth gelangen können. In der Norm aber handelt es sich meist darum, ganz leichte Luftschwingungen zu percipiren, und dazu bedarf es des besonderen Leitungsapparates durch das Trommelfell, die Gehörknöchelchen u. s. w. Dass diese Leitung wirksamer ist als die Knochenleitung, lässt sich leicht demonstriren. Wenn eine zwischen die Zähne gedrückte schwingende Stimmgabel verklingt und dann vor das Ohr gehalten wird, so hört man sie noch laut und deutlich tönen.

Es ist a priori einleuchtend, dass je nach der Intensität, der Excursionsweite der Wellen, die auf das Gehörorgan einwirken, auch die Reizung der Nervenenden und somit die Intensität der Schallempfindung eine verschiedene sein muss. Ausser dieser verschiedenen **Intensität** der Empfindung — laut und leise — unterscheiden wir noch vielerlei Qualitäten.

Zunächst machen wir einen subjectiven Unterschied zwischen unreinen Schallempfindungen, **Geräuschen** — Rasseln, Zischen, Sausen, Klappern u. s. w. — und reinen Schallempfindungen, **Klängen, Tönen.** Und die Physik lehrt, dass diesen subjectiven Unterschieden ein objectiver entspricht, indem die Klänge und Töne von regelmässigen Wellen, periodisch wiederkehrenden Bewegungen hervorgerufen werden, die Geräusche dagegen von unperiodischen Bewegungen.

Die Physik lehrt ferner, dass den Tönen, die wir als **hoch** bezeichnen, Wellen von geringerer Länge entsprechen, als denen, die wir als **tief** bezeichnen. Sie wissen aus der Physik, wie wir die Zahl der Schwingungen eines tönenden Körpers bestimmen können, wie wir ferner die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der

Schallwellen in der Luft bestimmen und wie wir daraus die Wellenlänge berechnen. Der Skala von Wellen verschiedener Länge entspricht eine subjective Skala von Tönen. Nur hat die subjective Skala eine obere und untere Grenze, während die objective nach beiden Seiten unbegrenzt ist.

Der tiefste vom menschlichen Ohr erkennbare Ton wird durch 11 Schwingungen in der Sekunde hervorgebracht[1]), der höchste durch 27361 Schwingungen[2]). Wenn ein Ton durch zweimal soviel Schwingungen in der Zeiteinheit hervorgebracht wird als ein anderer, so sagt man, er sei um eine Oktave höher. Oktave hat man diese Abtheilung der Tonskala genannt, weil sie in der Musik in acht Töne eingetheilt wird.

Die in der Musik verwertheten Töne umfassen 8 Oktaven mit folgenden Schwingungszahlen.

Sub-Contra Oktave	Contra Oktave.	Grosse Oktave.	Ungestrichene Oktave.
$\underline{C}$—$\underline{H}$	$\underline{C}$—H	*C*—*H*	*c*—*h*
16—30.	32—60.	64—120.	128—240.

Ein-	Zwei-	Drei-	Vier-
gestrichene Oktave.			
c'—h'	c''—h''	c'''—h'''	c''''—h''''
256—480.	512—960.	1024—1920.	2048—3840.

Die Schwingungszahlen der 8 Töne einer Oktave in der *C-dur*-Leiter verhalten sich zu einander wie:

$$\begin{matrix} c & d & e & f & g & a & h & c' \\ 1 : & \frac{9}{8} : & \frac{5}{4} : & \frac{4}{3} : & \frac{3}{2} : & \frac{5}{3} : & \frac{15}{8} : & 2 \end{matrix}$$

oder 24 : 27 : 30 : 32 : 36 : 40 : 45 : 48.

Der tiefste Ton der Orchestermusik ist das *E* des Contrabasses. Neuere Klaviere und Orgeln gehen gewöhnlich bis $\underline{C}$,

1) Fr. Bezold, Zeitschr. f. Psychologie u. Physiologie der Sinne. Bd. 13, S. 166. 1897.

2) Eine Beschreibung der Methoden, nach denen die Schwingungszahl der höchsten hörbaren Töne bestimmt worden ist, sowie eine Zusammenstellung der neueren Litteratur über diesen Gegenstand nebst eigenen Versuchen findet sich bei A. Schwendt, Pflüger's Arch. Bd. 75, S. 346. 1899 u. Bd. 76, S. 189. 1899. Arch. f. Ohrenheilk. Bd. 99, S. 1. 1900.

wohl auch bis $\underline{\underline{A}}$, grössere Orgeln bis C. Nach oben gehen die Pianofortes meist bis a'''. Der höchste Ton des Orchesters ist das c^5 der Piccolaflöte (4096 Schwingungen in der Sekunde). Die höheren Töne machen auf das Ohr einen unangenehmen Eindruck und werden deshalb in der Musik nicht verwerthet. Der höchste hörbare Ton, von dem ich bereits angab, dass er durch 27361 Schwingungen in der Sekunde hervorgebracht wird, ist das siebengestrichene *a*, also fast drei Oktaven höher als der höchste in der Musik angewandte Ton. Dieser Ton wird nur von wenigen Menschen noch gehört.

Es kommen also zu den 8 Oktaven der Musik nach oben noch fast drei hörbare Oktaven hinzu. Nach unten fällt die Grenze der Hörbarkeit mit der musikalischen Grenze nahezu zusammen. Das Subcontra-*C* (16 Schwingungen in der Sekunde) wird von vielen Menschen nur noch gehört, wenn es laut von der Orgelpfeife angestimmt wird, nicht aber, wenn es von einer Stimmgabel ausgeht. Tiefere Töne bis zu 11 Schwingungen werden nur von wenigen Menschen gehört.

Im Ganzen umfasst also der normale Gehörsinn des Menschen höchstens 11 Oktaven. Mit zunehmendem Alter erfolgt eine Einengung der Hörbreite von den höchsten gegen die tieferen Töne[1]).

Die „Taubstummen" sind nur in den selteneren Fällen ganz taub. Bezold[2]) fand unter 78 Zöglingen der Münchener Taubstummenanstalt nur 15, die auf beiden Ohren total taub waren. Die übrigen waren entweder nur auf einem Ohre total taub, oder es war die Gehörskala am oberen oder unteren oder an beiden Enden stark verkürzt, oder sie enthielt Lücken.

Dass den verschiedenen Wellenlängen verschieden hohe Tonempfindungen entsprechen, ist wahrscheinlich folgendermaassen zu

1) Von neueren Arbeiten über den Einfluss des Alters auf den Umfang des Gehörs sei erwähnt: H. Zwaardemaker, Arch. f. Ohrenheilkunde. Bd. 32, S. 53. 1891 u. Zeitschr. für Psychologie und Physiologie der Sinne. Bd. 7, S. 10. 1894.

2) Fr. Bezold, Münchener med. Wochenschr. 1893. Nr. 48: „Das Hörvermögen der Taubstummen". Wiesbaden, Bergmann. 1896 und Zeitschrift für Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane. Bd. 13, S. 161. 1897. A. Schwendt u. F. Wagner, „Untersuchungen an Taubstummen". Basel, Schwabe. 1899. Dort findet sich eine sehr vollständige Zusammenstellung der Litteratur.

erklären. Die Lamina spiralis membranacea nimmt an Breite von der Kuppe zur Fenestra rotunda hin stetig ab. Es könnte daher sein, dass kurze Wellen die zum runden Fenster gelegenen Theile der Membran in Mitschwingungen versetzen, lange die zur Kuppe hin gelegenen. Zu Gunsten dieser Auffassung macht Hensen[1]) geltend, dass die Basilarmembran aus starren Querfasern zusammengesetzt ist, die in eine weiche Masse eingebettet sind. Hensen wies durch genaue Messungen nach, dass die Breite der Membrana basilaris von der Fenestra ovalis bis zum Hamulus auf das mehr als 12fache wächst. Auf der Membran sind nun die Nervenenden in regelmässigen Reihen gelagert. Jeder Nerv aber leitet zu bestimmten Centralorganen im Gehirn, deren Erregung stets eine bestimmte Tonempfindung zur Folge hat, und zwar so, dass die Centralorgane, welche mit dem an der Kuppe endigenden Nerven verknüpft sind, tiefe Töne, die mit den Nervenenden an dem runden Fenster verknüpften hohe Töne vermitteln.

S. Moos und H. Steinbrügge[2]) beobachteten einen Patienten, bei dem vorzugsweise das Hören höherer Töne gestört war. Dieser starb an einer Hirnaffection. Die Sektion ergab Nervenatrophie der ersten Schneckenwindung, also derjenigen Windung, in welcher die Membrana basilaris am schmälsten ist.

F. Bezold[3]) fand gleichfalls als Ursache eines während des Lebens vorhanden gewesenen Ausfalls der Perception der hohen Töne eine Nervenatrophie am Anfange der ersten Schneckenwindung.

B. Baginsky[4]) bestätigte diese pathologischen Beobachtungen auf experimentellem Wege: er exstirpirte Hunden Theile der Schnecke und fand, dass Zerstörungen an der Spitze das Hörvermögen für tiefe Töne einschränken, solche an der Basis für hohe.

Wir müssen uns nun die Frage vorlegen, ob die Membrana basilaris der einzige Teil der Schnecke ist, welcher die Schwing-

1) Hensen, Z. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. 13, S. 486. 1863.

2) S. Moos u. H. Steinbrügge, Z. f. Ohrenheilkunde. Bd. 10, S. 1. 1880. Vgl. J. Habermann, Prager Zeitschr. Hft. 4 u. 5. 1891.

3) F. Bezold, Zeitschr. f. Ohrenheilk. Bd. 24, S. 267. 1893,

4) B. Baginsky, Sitzungsberichte der Berliner Akad. 1883. S. 685. u. Arch. f. pathol. An. Bd. 94, S. 65. 1883. Vgl. C. Corradi, Arch. f. Ohrenheilk. Bd. 32, S. 1. 1891.

ungen der Endolymphe auf die Nervenfasern überträgt, oder ob noch andere elastische Gebilde der Schnecke an dieser Uebertragung betheiligt sind. Auf der Membrana basilaris ruht bekanntlich das Corti'sche Organ. Helmholtz glaubte anfangs, die Bogenpfeiler dieses Organes spielten die Hauptrolle als mitschwingender Apparat. Dagegen spricht aber schon die geringe Zahl der Corti'schen Bogenpfeiler — es sind ihrer ca. 3000 — und ihr geringer Grössenunterschied. Die Zahl der Querfasern der Membrana basilaris dagegen beträgt 16—20 Tausend und mindestens ebenso gross ist die Zahl der Haarzellen, zu denen die Nervenenden treten. Geübte Musiker können nach Angabe von E. H. Weber noch Töne unterscheiden, deren Schwingungszahlen sich verhalten wie 1000 : 1001. Daraus lässt sich berechnen, dass einer Oktave 750 verschieden abgestimmte Endapparate entsprechen und den 11 Oktaven, die wir thatsächlich hören, 8250 Endapparate. Dazu ist die erwähnte Zahl der Corti'schen Pfeiler zu gering, während die Zahl der Querfasern und Haarzellen dieses wohl ermöglichen würde. Zu bedenken ist hierbei allerdings, dass die von Weber beobachtete feinste Unterschiedsempfindlichkeit nicht für alle Oktaven gilt.

Gegen die Annahme, dass die Corti'schen Pfeiler das musikalische Perceptionsorgan seien, spricht ferner die zuerst von Hasse[1]) festgestellte Thatsache, dass diese Pfeiler in dem Corti-schen Organ der Vögel vollständig fehlen, während die Membrana basilaris und die Haarzellen wohl entwickelt sind. Die Stimme mancher Vögel umfasst mehrere Oktaven. Daraus folgt, dass auch ihr Gehörorgan einem solchen Umfange entspricht. Denn der Vogel singt, um von anderen Vögeln gehört zu werden. Es sind immer nur die Männchen gute Sänger, doch wohl um vom Weibchen gehört zu werden. Dass der Vogel so viele Töne unterscheidet, wie er singt, geht ganz unzweifelhaft daraus hervor, dass ein Vogel die Singweise eines anderen ablernt — Spottvögel, Singvögel etc. — Der Star ahmt den Ruf und Gesang aller anderen Vögel nach, sogar menschlichen Gesang, ebenso der Gimpel, welcher 2—3 Lieder singen lernt, die man ihm vorpfeift[2]) Dass die Schnecke der Vögel einen gerade gestreckten Bau hat, spricht nicht gegen ihre musikalische Leistungsfähigkeit. Die Zahl der

1) C. Hasse, Z. f. wissensch. Zool. Bd. 17, S. 56. 1866.
2) Brehm, „Thierleben". Aufl. 3. Bd. 4, S. 10 u. 11. 1891.

Windungen an der Schnecke der Säugethiere ist sehr verschieden und scheint in keiner Beziehung zum ungleichen Unterscheidungsvermögen für die Töne bei den verschiedenen Säugethieren zu stehen. Die Zahl der Windungen beträgt bei den Cetaceen $1\,^1/_2$ und steigt bis zu 5 Windungen bei einem Nagethier, Coelogenys paca. Beim Menschen beträgt die Zahl der Windungen $2\,^1/_2$. Jenes Nagethier, welches doppelt so viel Schneckenwindungen hat als der Mensch, lebt in Südamerika als ein sehr scheues und flüchtiges Thier, welches 1—2 Meter lange Höhlen in die Erde gräbt und den Tag über darin schläft. Wegen dieser nächtlichen Lebensweise bedarf es offenbar eines feinen Gehörs, um einen Ersatz zu haben für die mangelnden Lichteindrücke. Besondere musikalische Talente konnte man an ihm nicht beobachten, weder in der Wildniss noch in der Gefangenschaft: es giebt nur „verschiedene grunzende Töne" von sich[1]).

Ich erwähnte bereits des relativen Gehörs, welches bei geübten Musikern den Grad von Feinheit erreichen kann, dass sie Töne unterscheiden, deren Schwingungszahlen sich zu einander verhalten wie 1000 : 1001, die sich also von einander unterscheiden nur durch $^1/_{64}$ eines halben Tones, aber wohlverstanden nur dann, wenn die beiden Töne unmittelbar nach einander angeschlagen werden. Von diesem **relativen** Gehör wohl zu unterscheiden ist das **absolute** Gehör, d. h. die Fähigkeit, von einem einzigen gehörten Tone anzugeben, welcher Note in der musikalischen Skala er entspricht. Diese Fähigkeit ist ein seltenes, angeborenes Talent, welches durch Uebung nicht erworben und nur wenig ausgebildet werden kann.[2])

An den musikalischen Klängen unterscheiden wir bekanntlich ausser der verschiedenen Höhe noch andere Qualitäten. Ein gleich hoher Ton einer Geige und einer Flöte macht auch bei gleicher Intensität einen verschiedenen Eindruck. Diese Verschiedenheit bezeichnet man als **Klangfarbe** oder Timbre. Die Luftwellen, welche beide Instrumente erzeugen, sind gleich lang, die Schwingungsamplitude ist die gleiche. Woher nun der verschiedene Eindruck? Er kann objektiv auf nichts Anderem beruhen als darauf, dass bei gleicher Amplitude der schwingenden Theile und bei

1) Brehm, „Thierleben". Aufl. 3. Bd. 2, S. 588—590. 1890.

2) J. v. Kries, Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. der Sinnesorgane. Bd. 3, S. 257. 1892.

gleicher Dauer einer ganzen Schwingung doch die Art des Hin- und Herschwingens verschieden ist. Die einfachste und regelmässigste Schwingungsart ist die Pendelschwingung, bei der jedes Theilchen sich mit beschleunigter Geschwindigkeit zur Gleichgewichtslage hin und mit abnehmender davon fortbewegt nach der Sinusfunction. Ich setze aus der Mathematik und Mechanik als bekannt voraus, wie man sich eine solche Pendelschwingung als Curve darstellen kann, indem man die „Schwingungsphasen" — die Abstände des schwingenden Theilchens von der Gleichgewichtslage in jedem Augenblicke — als Ordinaten auf die Zeit als Abscisse aufträgt nach der Sinusfunction. So erhält man die soge-

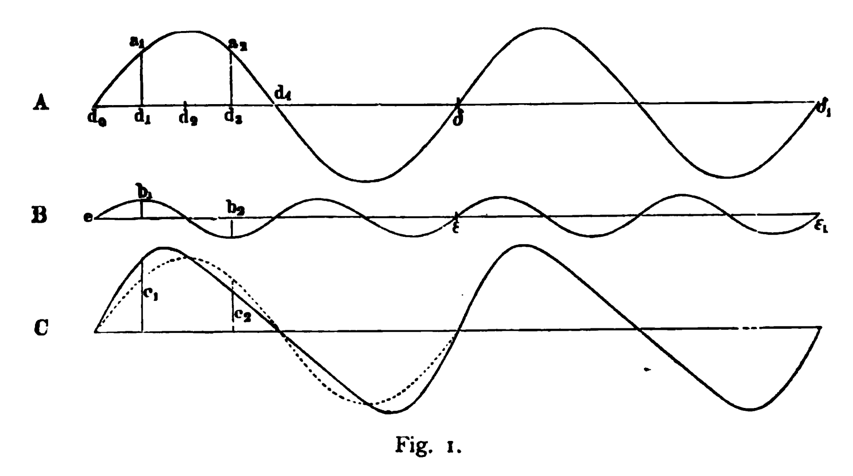


Fig. 1.

nannte Sinuscurve. Man erhält fast genau eine Sinuscurve, wenn man das Ende einer schwingenden Feder auf eine rotirende Trommel zeichnen lässt. Ausserdem aber sind noch viele andere Arten einer Zu- und Abnahme der Geschwindigkeit beim Hin- und Herschwingen denkbar.

Wenn gleichzeitig zwei elastische Körper ihre Pendelschwingungen auf dieselben Lufttheilchen übertragen und der eine Körper doppelt so viele Schwingungen in der Zeiteinheit ausführt wie der zweite, so werden die Lufttheilchen Schwingungen ausführen, die keine Pendelschwingungen mehr sind und bei der Darstellung als Curven die Gestalt *C* (Fig. 1) aufweisen.

Die Curven *A* und *B* sind die beiden Sinuscurven, welche die Pendelschwingungen der beiden elastischen Körper darstellen. Die

Curve *C* resultirt aus beiden, indem man die beiden Ordinaten jeder Phase addirt oder subtrahirt.

Der Mathematiker Fourier hat bewiesen, dass, wenn in einer Wellenbewegung die bewegten Theilchen in einer anderen Form als der Pendelform schwingen, sich diese Schwingungen immer zerlegen lassen in Pendelschwingungen, deren Schwingungszahlen vielfache der gegebenen Schwingungszahl sind — das Einfache mit eingerechnet. Mit anderen Worten: Jede periodische Curve lässt sich in Sinuscurven zerlegen.

Dieses lehrt aber nicht bloss die mathematische Construction und Rechnung. Es lässt sich auch experimentell beweisen mit Hülfe der Resonanz. Wenn Luftschwingungen sich zusammensetzen aus Pendelschwingungen von verschiedener Schwingungszeit, so können durch diese Luftschwingungen verschiedene elastische Körper in Mitschwingung versetzt werden, die auf die Pendelschwingungen von verschiedener Schwingungszeit durch ihre Dimensionen abgestimmt sind.

Das Mitschwingen gleichgestimmter Instrumente ist eine bekannte Erscheinung. Streicht man eine Saite einer Violine an, so tönt die gleichnamige Saite einer anderen Violine mit. Hebt man den Dämpfer von den Saiten eines Klaviers und singt kräftig einen Ton hinein, so geräth die dem Ton entsprechende Saite in Mitschwingung.

Auffallender als dieses Mitschwingen leichtbeweglicher Saiten ist das Mitschwingen schwerer starrer Körper, z. B. der Stimmgabeln. Man kann schwere Stimmgabeln zum Mitschwingen bringen, wenn man sie auf Resonanzkästen befestigt, die selbst auf den Ton der Gabel gestimmt sind. Dass die Luftwelle, die nicht das leichteste Federchen zu bewegen vermag, die schwere Stahlmasse in Schwingungen versetzt, erklärt sich daraus, dass die leichten Stösse der Luftwellen sich summiren, weil sie immer genau in dem Momente auf den schwingenden Körper einwirken, wo er ohnehin schon in der dem Stosse entsprechenden Richtung zu schwingen beginnt.

Helmholtz hat besondere Resonatoren 1) construiren

1) Eine genaue Anleitung zur Benutzung dieser Resonatoren findet sich bei Helmholtz in seiner „Lehre von den Tonempfindungen". Braunschweig, Vieweg. 1877. S. 73 ff. Das Studium dieses Werkes sei Jedem, der sich eingehender mit der physiologischen Acustik beschäftigen will, aufs Wärmste empfohlen.

lassen, metallene Hohlkugeln mit zwei Öffnungen, deren eine so geformt ist, dass man sie in das Ohr einsetzen kann. Diese Kugeln werden von verschiedener Grösse angefertigt und auf die hohen und tiefen Töne abgestimmt. Mit ihrer Hülfe ist auch ein musikalisch ungeübtes Ohr im Stande, aus den Klängen die einzelnen Töne herauszuhören.

Der Laie wirft die Ausdrücke **Töne** und **Klänge** meist durcheinander. Die Physik aber macht die strenge Unterscheidung, dass sie *unter Tönen nur die Eindrücke versteht, welche durch reine Pendelschwingungen hervorgebracht werden, unter Klängen dagegen die Eindrücke, welche hervorgebracht werden durch Schwingungen, die in eine Anzahl von Pendelschwingungen sich zerlegen lassen.*

Nahezu einfache Töne sind die der Flöte und der weiten gedeckten Pfeifen, namentlich, wenn sie schwach angeblasen werden.

Die Erfahrung lehrt, dass nur die Klänge einen angenehmen Eindruck auf unser Ohr machen, welche sich aus Tönen zusammensetzen, deren Schwingungszahlen in einem einfachen Verhältnisse zu einander stehen, und zwar ist der Eindruck um so angenehmer, harmonischer, je kleiner die Zahl ist, welche das Verhältniss der Wellenlängen ausdrückt. Je grösser die Zahl, um so unangenehmer die Dissonanz. Die reinste Harmonie — Consonanz — bildet die Oktave, das Verhältniss 1 : 2 (*c*:*c'*). Dann folgt die Duodecime, 1:3 (*c*:*g'*), dann die Quinte 2:3 (*c*:*g*), dann die Terz, 4:5 (*c*:*e*) etc.

Wenn eine Saite schwingt, so schwingt erstens die ganze Saite; zweitens entstehen Schwingungen jeder Hälfte, die zweimal so oft in der Zeiteinheit erfolgen, ferner Schwingungen eines jeden Drittels, Viertels u. s. w. Die Schwingungen der ganzen Saite bringen den **„Grundton“** hervor, die Schwingungen der halben, drittel, viertel Saite den ersten, zweiten, dritten sogenannten **„Oberton“**. Die Bezeichnung des Grundtones und der Obertöne mit den musikalischen Noten überschaut man auf der folgenden Zusammenstellung:

c	*d*	*e*	*f*	*g*	*a*	*h*	*c'*
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2.
c'	*d'*	*e'*	*f'*	*g'*	*a'*	*h'*	*c''*
2				3			4.
c''	*d''*	*e''*	*f''*	*g''*	*a''*	*h''*	*c'''*
4		5		6			8.

Ist also *c* der Grundton, so ist das *c'* der folgenden Oktave der erste Oberton, das *g'* der zweite Oberton, das *c''* der dritte, das *e''* der vierte u. s. w.

Auf eine Theorie der Musik kann ich nicht eingehen; ich verweise auf das erwähnte Werk von Helmholtz und auf das Werk meines verehrten Lehrers Arthur von Oettingen[1]), „Harmoniesystem in dualer Entwicklung".

1) Arthur von Oettingen, „Harmoniesystem in dualer Entwicklung". Studien zur Theorie der Musik. Dorpat u. Leipzig. 1866.

Sechster Vortrag.

Der Gesichtssinn[1]). Die Dioptrik des Auges.

Meine Herren!

Sie Alle haben sich mit der Physiologie des Auges bereits beschäftigt. Denn Sie Alle haben die Anatomie des Auges studirt, und es ist unmöglich, diesen wunderbaren Bau zu studiren, ohne sich Rechenschaft abzulegen über die Bedeutung seiner Theile. Sie haben ferner bereits Alle mit der physikalischen Optik sich beschäftigt, und auch dieses ist kaum möglich ohne eine ziemlich eingehende Beschäftigung mit der physiologischen Optik. Ich darf also bereits einige Kenntnisse voraussetzen.

Sie wissen, dass man das Auge verglichen hat mit einer Camera obscura. Schon der angebliche Erfinder der Camera obscura, der Italiener Porta[2]), stellte diesen Vergleich an. Aber erst dem Jesuitenpater Scheiner[3]) gelang es im Jahre 1609, das verkehrte Netzhautbild am Thierauge zu demonstriren, im Jahre 1625 auch am menschlichen Auge durch Brosslegung der Netzhaut von hinten.

---

1) Die Quellenlitteratur auf dem gesammten Gebiete der physiologischen Optik findet sich am vollständigsten zusammengestellt in dem umfangreichen Werke von Helmholtz, Handb. d. physiolog. Optik. Aufl. 2. Hamburg u. Leipzig, 1896. Auf dieses unübertroffene Werk sei Jeder, der sich eingehender mit diesem Kapitel der Physiologie beschäftigen will, in erster Linie verwiesen.

2) Giambattista della Porta (1538—1615) veröffentlichte im Jahre 1589 ein Werk, in dem er von der Camera obscura mit Linse spricht. Die Camera obscura ohne Linse war bereits Leonardo da Vinci († 1519) bekannt, welcher in seiner Jugend dem Studium der exacten Wissenschaften ebenso ergeben war wie den schönen Künsten.

3) Christoph Scheiner, geb. 1575 zu Walda in Schwaben, † 1650. 1610—1616 Professor des Hebräischen und der Mathematik zu Freiberg i. Br.

Am einfachsten kann man das Netzhautbild wahrnehmen, wenn man das ausgeschnittene Auge eines weissen Kaninchens vom anhaftenden Muskel- und Bindegewebe befreit und die Hornhaut gegen einen hellen Gegenstand richtet, z. B. gegen ein Fenster oder in einem sonst dunklen Zimmer gegen eine helle Flamme. Man sieht dann, da die Aderhaut der Albinos kein Pigment enthält, das umgekehrte Bild des hellen Gegenstandes durch die Sklera hindurchschimmern. Noch deutlicher kann man das Bild am Auge grosser Thiere, z. B. am Ochsenauge, sichtbar machen, wenn man den hinteren mittleren Theil der Sklera und der Chorioidea vorsichtig wegpräparirt und nur die Netzhaut übriglässt, am besten aber, wenn man auch die Netzhaut mit einem Pinsel entfernt und ein Täfelchen von Glas oder Glimmer in die Öffnung einschiebt. Das Bild erscheint dann scharf und deutlich auf dem Täfelchen, und man kann sich davon überzeugen, dass oben und unten, rechts und links an ihm vertauscht sind.

Es wird Sie nun interessiren, sich Rechenschaft darüber abzulegen, wie dieses Netzhautbild zu Stande komme. Gestatten Sie mir daher, Sie kurz zu erinnern an die Gesetze der Dioptrik[1]), an den Gang, welchen die Lichtstrahlen einschlagen, wenn sie aus einem brechenden Medium in ein anderes übertreten, und wenn die Medien durch sphärische Flächen von einander getrennt sind. Mit solchen Verhältnissen haben wir es bekanntlich beim Auge zu thun. Die Cornea, die vordere und die hintere Linsenfläche sind nahezu sphärische Flächen.

Denken Sie sich also zwei Medien, ein schwächer brechendes links (etwa Luft) und ein stärker brechendes (etwa Glas), durch eine Kugelfläche getrennt, und nehmen Sie an, dass das Centrum (*C* Fig. 2) dieser Kugel in die Ebene dieser Tafel fällt, und dass diese Kreislinie den Durchschnitt der Kugelfläche mit der Ebene der Tafel bedeute. Denken Sie sich jetzt in der Ebene der Tafel einen leuchtenden Punkt *P*, so muss ein Lichtstrahl, der von diesem Punkte auf das Centrum der Kugel gerichtet ist, ungebrochen in das neue Medium eintreten. Denn die Richtung dieses Strahles fällt zusammen mit dem Radius *CS*; und jeder Radius steht senkrecht auf der Kugelfläche. Die übrigen Strahlen aber,

1) Die Grundgesetze der Dioptrik hahe ich nirgendwo klarer u. elementarer dargestellt gefunden, als bei C. Neumann, „Die Haupt- u. Brennpunkte eines Linsensystems". Aufl. 2. Leipzig, Teubner. 1893. (42 Seiten.)

die vom leuchtenden Punkte P auf die Kugelfläche fallen, können nicht ungebrochen in das neue Medium eintreten. Denn sie bilden Winkel mit den Radien, mit den Einfallslothen, und nach dem Ihnen bekannten Gesetze wird der Lichtstrahl in dem stärker brechenden Medium zum Einfallslothe hin gebrochen. Dabei ist, wie Sie aus der Physik sich erinnern, das Verhältniss zwischen dem Sinus des Einfalls- und des Brechungswinkels eine constante Grösse. Fällt also von P ein Strahl, welcher mit PC den Winkel γ bildet, auf die Kugelfläche, so kann er nach dem Eintritt in das neue Medium diese Richtung, welche ich durch die punktirte Linie andeute, nicht beibehalten; er wird mit dem Einfallslothe nicht mehr den Winkel α bilden, sondern den kleineren Winkel β; er wird den ungebrochenen Strahl PC in dem Punkte P' schneiden und mit PC den Winkel ε bilden. Den Winkel, welchen der

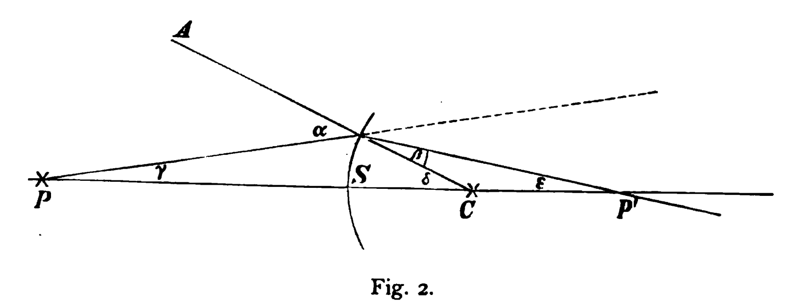


Fig. 2.

Radius CA mit PP' bildet, nennen wir δ. Nach dem erwähnten Gesetze ist nun $\sin \alpha : \sin \beta =$ einer konstanten Grösse, dem sog. Brechungsquotienten (Brechungsindex, Brechungsexponent), den wir n nennen wollen. Wir haben also:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n.$$

Nun darf man bekanntlich, wenn die Winkel klein sind, für den Sinus in jede Rechnung den Winkel oder den Bogen oder die Tangente einsetzen. Auf dieser Figur habe ich der Deutlichkeit wegen die Winkel gross gezeichnet. In jedem genauen optischen Apparate aber ist durch das Diaphragma, die Blendung, dafür gesorgt, dass von den Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, nur diejenigen in die Linsen eindringen, welche einen sehr kleinen Winkel unter einander und mit den Radien der Linsen bilden. — Ich will schon jetzt bemerken, dass auch im Auge durch

die Iris dieses bewirkt wird. — Setzen wir also die Winkel für die Sinus, so haben wir:

$$\frac{\alpha}{\beta} = n.$$

Und nach dem bekannten Satze der Planimetrie, dass der Aussenwinkel eines Dreiecks gleich der Summe der beiden inneren gegenüberliegenden ist:

$$n = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{\gamma + \delta}{\delta - \varepsilon}.$$
$$n\,\delta - n\,\varepsilon = \gamma + \delta$$
$$\delta\,(n - 1) = \gamma + n\,\varepsilon.$$

Jetzt setzen wir für die Winkel die Tangenten. Sind die Winkel γ, δ und ε sehr klein, so können wir ohne erheblichen Fehler für alle drei eine gemeinsame, gleich lange gegenüberliegende Kathete, senkrecht auf dem Scheitelpunkte S der Kreislinie errichtet annehmen. Wir nennen diese gemeinsame gegenüberliegende Kathete t. Die anliegenden Katheten der drei Winkel sind dann $PS = x$, $CS = r$ und $P'S = x'$. Setzen wir also für die Winkel γ, δ und ε die Tangenten $\frac{t}{x}$, $\frac{t}{r}$ und $\frac{t}{x}$ in die obige Gleichung, so erhalten wir:

$$\frac{t}{r}(n - 1) = \frac{t}{x} + n\,\frac{t}{x'}$$

Dividiren wir jetzt die ganze Gleichung durch t, so finden wir

$$\frac{n - 1}{r} = \frac{1}{x} + \frac{n}{x'} \qquad (1)$$

Diese Gleichung drückt also eine Beziehung aus zwischen den beiden variablen Grössen x und x', d. h. zwischen der Entfernung des leuchtenden Punktes P vom Scheitelpunkte S und der Entfernung des Punktes P', in welchem zwei von P ausgehende Strahlen jenseits der brechenden Fläche sich vereinigen, von demselben Punkte. Ist eine der beiden Variablen gegeben, so lässt sich die andere aus der Gleichung berechnen, denn die Gleichung enthält sonst nur noch zwei konstante Grössen: den Brechungsquotienten n und den Radius der brechenden Kugelfläche r. Für dieselben brechenden Medien und für denselben Radius der brechenden Kugelfläche ist also die Gleichung immer dieselbe.

Vor Allem aber muss hervorgehoben werden, dass alle Winkelgrössen aus der Gleichung herausgefallen sind. Solange der Winkel γ die Grösse nicht überschreitet, dass man nicht mehr den Sinus und die Tangente für den Winkel setzen darf, kann γ jeden beliebigen Werth haben, ohne dass der Punkt P' seine Lage ändert. ***Es schneidet sich also ein ganzes von P ausgehendes divergirendes Strahlenbündel im neuen Medium wiederum in einem Punkte*** und zwar um so vollständiger, je kleiner die Winkel sind, welche die divergirenden Strahlen mit einander bilden. Dieses ist ein Fundamentalsatz der ganzen Dioptrik. ***Jedem eintretenden „homocentrischen" Strahlenbündel entspricht auch ein austretendes homocentrisches Bündel.*** Man nennt P den Objectpunkt und P' den Bildpunkt desselben. Nach der obigen Gleichung lässt sich aber auch ebenso gut für einen Objectpunkt im zweiten Medium der Bildpunkt im ersten Medium berechnen. ***Die Strahlen gehen denselben Weg durch die brechenden Medien, gleichviel von welcher Seite sie kommen. Bildpunkt und Objectpunkt können vertauscht werden.***

Denken wir uns den leuchtenden Punkt P in unendliche Ferne gerückt, so haben wir $\frac{1}{x} = \frac{1}{\infty} = 0$. Setzen wir diesen Werth in die obige Gleichung (1), so finden wir:

$$\frac{n-1}{n \cdot r} = \frac{1}{x'}; \; x' = \frac{nr}{n-1} = f'.$$

In diesem Falle nennt man P' den Brennpunkt des zweiten Medium und x' die Brennweite und bezeichnet den Brennpunkt mit F' (Focus) und die Brennweite mit f'. ***Wenn also die Strahlen von einem weit entfernten Punkte ausgehen, also nahezu parallel auf die sphärische Fläche fallen, so werden sie in dem Brennpunkte vereinigt.***

Denken wir uns nun $x' = \infty$, so haben wir $\frac{n}{x'} = 0$ und

$$\frac{n-1}{r} = \frac{1}{x}; \; x = \frac{r}{n-1} = f.$$

x ist also in diesem Falle die Brennweite im ersten Medium und $P = F$ der Brennpunkt. Alle von einem fernen Punkte im zweiten Medium ausgehenden und parallel auf die sphärische

Fläche fallende Strahlen werden also im ersten Medium im Brennpunkte F vereinigt.

Multipliciren wir jetzt die ganze obige Gleichung (1) mit $\frac{r}{n-1}$ und setzen wir die soeben gefundenen Werthe f und f' in dieselbe ein, so finden wir:

$$\frac{n-1}{r} \cdot \frac{r}{n-1} = \frac{r}{n-1} \cdot \frac{1}{x} + \frac{n \cdot r}{n-1} \cdot \frac{1}{x'};$$

$$1 = \frac{f}{x} + \frac{f'}{x'} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (2)$$

Sind uns also die beiden Brennweiten gegeben, so können wir auch ohne Kenntniss des Brechungsquotienten und des Radius für jeden Objectpunkt den zugehörigen Bildpunkt durch Rechnung

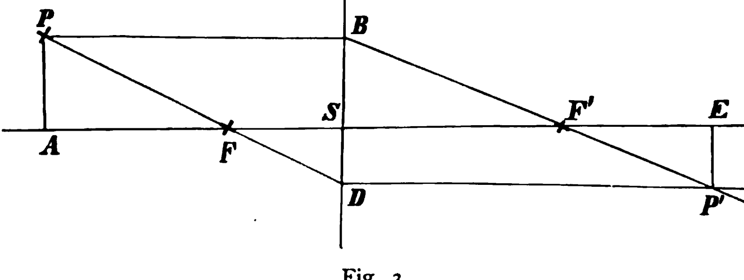


Fig. 3.

finden. Wir können aber auch durch Construction und ohne Kenntniss der Lage des Centrum, sobald die beiden Brennpunkte gegeben sind, für jeden Objectpunkt den zugehörigen Bildpunkt finden und zwar nicht blos für die auf einer Axe gelegenen Punkte, wie in der bisherigen Betrachtung, sondern für alle Punkte.

Man denke sich (Fig. 3) auf der Axe, welche durch die beiden Brennpunkte geht, und auf dem Scheitelpunkt S des Bogens, welcher die Durchschnittslinie der brechenden Kugelfläche mit der Ebene der Tafel ist, eine Senkrechte errichtet, so fällt diese Tangente für kleine Winkel mit den Bögen nahezu zusammen und kann für diese genommen werden. Ist nun ein Objectpunkt P gegeben, so ziehen wir von diesem eine Linie parallel zur Axe bis zur Tangente und von dort durch den Brennpunkt des zweiten Medium, ferner eine Linie von P durch den Brennpunkt des ersten Medium bis zur Tangente und von dort parallel der Axe weiter im zweiten Medium. Wo die beiden Linien sich schneiden,

liegt der Bildpunkt P'. In diesem Punkte müssen alle von P ausgehenden Strahlen sich schneiden. Denn den Satz hatten wir bereits ganz allgemein bewiesen, dass die Strahlen, welche im ersten Medium von einem Punkte ausgehen, auch im zweiten wiederum in einem Punkte vereinigt werden müssen.

Zwischen den Ordinaten und Abscissen der „conjugirten Punkte" (Objectpunkt und Bildpunkt) und den beiden Brennweiten findet die folgende einfache Beziehung statt. Ist S der Anfangspunkt des Coordinatensystems, so ist die Abscisse x des Objectpunktes $P = AS = PB$ und die Ordinate $y = PA$. Die Abscisse des Bildpunktes P' ist $x' = SE = DP'$, und die Ordinate des Punktes P' ist $y' = P'E = DS$.

Aus der Aehnlichkeit der beiden Dreiecke DFS und DPB ergiebt sich:

$$\frac{f}{x} = \frac{y'}{y + y'}.$$

Aus der Aehnlichkeit der beiden Dreiecke BSF' und BDP' folgt:

$$\frac{f'}{x'} = \frac{y}{y + y'}.$$

Durch Addition und durch Division dieser zwei Gleichungen findet man:

$$\frac{f}{x} + \frac{f'}{x'} = 1 \text{ und } y \cdot \frac{f}{x} = y' \cdot \frac{f'}{x'}.$$

Wir sehen also, dass die Beziehung zwischen Objectpunkt und Bildpunkt, welche vorhin blos für die auf derselben Axe gelegenen Punkte bewiesen wurde, eine ganz allgemeine Geltung hat.

Wir sehen ferner, dass alle Objectpunkte, die auf derselben zur Axe senkrechten Linie liegen, Bildpunkte liefern müssen, die gleichfalls alle auf ein und derselben zur Axe Senkrechten liegen, weil alle diese Punkte die gleichen Abscissen, dasselbe x und x' haben.

Es ist aber einleuchtend, dass dieses nicht blos von allen auf einer zur Axe senkrechten Linie gelegenen Punkten gilt, sondern auch von allen auf einer zur Axe senkrechten Fläche. Denn die Linie, die von irgend einem Punkte dieser Fläche zur Axe gezogen wird, steht auf der Axe senkrecht und schneidet

von ihr das gleiche Stück x ab wie die Fläche. Allen Objectpunkten auf einer zur Axe senkrechten Ebene entsprechen also Bildpunkte, die gleichfalls alle auf ein und derselben zur Axe senkrechten Ebene gelegen sind.

Ist uns also ein leuchtendes Object auf einer zur Axe senkrechten Ebene gegeben, so ist es leicht, das zugehörige Bild im zweiten Medium zu construiren. Wir brauchen nur für einen Objectpunkt den zugehörigen Bildpunkt mit Hülfe der beiden Brennweiten in der angegebenen Weise zu construiren. Durch diesen Bildpunkt legen wir nun eine Ebene senkrecht zur Axe. Für alle anderen Objectpunkte finden wir dann ganz einfach die zugehörigen Bildpunkte, indem wir von dem Objectpunkte den ungebrochenen Strahl durch das Centrum der brechenden Fläche ziehen bis zum Durchschnitt mit der Bildebene. In diesem Durchschnittspunkte müssen sich alle von dem Objectpunkte ausgehenden Strahlen schneiden. Eine einfache Ueberlegung lehrt, dass das so entstehende Bild dem Objecte ähnlich sein muss. Denn die im Centrum sich schneidenden ungebrochenen Strahlen bilden mit der Verbindungslinie zwischen je zwei Punkten des Objectes und je zwei entsprechenden Punkten des Bildes ähnliche Dreiecke.

Weit verwickelter wird das Problem, für jeden Objectpunkt den Bildpunkt zu finden, bei einer grösseren Zahl brechender Medien und Flächen. Zwar kann man auch hier den Gang der Strahlen von einem brechenden Medium zum anderen — wenn man die Brechungsexponenten aller Medien und die Krümmungshalbmesser aller Flächen kennt — rechnend verfolgen. Man kommt dabei aber zu sehr verwickelten, wenig anschaulichen Formeln. Es war daher ein grosser Fortschritt in der Dioptrik, als es Möbius[1]), Gauss[2]) und Bessel[3]) gelang, jene verwickelten Formeln durch eine geometrische Darstellung zu ersetzen von überraschend einfacher Art.

1) Aug. Ferd. Möbius, „Die Haupteigenschaften eines Systems von Linsengläsern". 1829. (Möbius, Ges. Werke. Bd. IV, S. 479) u. „Entwicklung der Lehre von den dioptrischen Bildern mit Hülfe der Collineationverwandtschaft". 1855 (Ges. W. Bd. IV, S. 543).

2) Gauss, Dioptrische Untersuchungen. Abhandl. d. kön. Gesellschaft d. W. zu Göttingen 1838—1841.

3) Bessel, „Ueber die Grundformeln der Dioptrik". Astron. Nachr. Bd. 18, S. 97. 1840.

Gauss zeigte, dass in jedem auch noch so complicirten System von brechenden Medien mit sphärischen Trennungsflächen — falls die Flächen centrirt sind, d. h. falls die Centren der Kugelflächen alle auf derselben geraden Linie, der Axe liegen — immer 4 Punkte existiren, deren Lage sich bestimmen lässt, und mit deren Hülfe man für jeden Strahl den Gang finden und für jeden Objectpunkt den Bildpunkt construiren kann. Es sind neben den zwei bereits bekannten Brennpunkten noch die zwei „Hauptpunkte".

Denken Sie sich die beiden Kreisbogen S_1 S_1 und S_2 S_2 (Fig. 4) als die Durchschnitte der ersten und letzten brechenden Fläche mit der Ebene der Tafel, und es falle vom leuchtenden

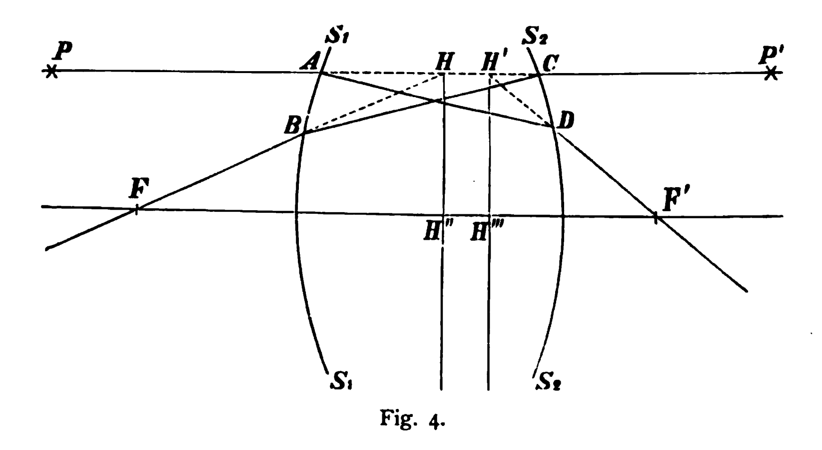


Fig. 4.

Punkte P ein Strahl parallel zur Axe in dem Punkte A auf die erste Fläche, so wird er in der Richtung auf den zweiten Brennpunkt aus der letzten sphärischen Fläche hervortreten. — Die Linie AD wird, falls mehrere brechende Flächen in dem System sind, eine Zickzacklinie sein. — Denken wir uns nun von der anderen Seite her, von dem in der Verlängerung der Linie PA gelegenen Punkte P' einen Strahl parallel zur Axe und mit der Verlängerung des Strahles PA zusammenfallend in das brechende System eintretend, so wird er von C nach B gebrochen und in der Richtung auf den ersten Brennpunkt austreten. Denken wir uns nun die Richtung BF rückwärts verlängert, so muss sich diese Linie irgendwo mit der Linie PP' schneiden. Diesen Punkt bezeichnen wir mit H. Ebenso muss die Verlängerung von $F'D$ sich mit der

zur Axe Parallelen PP' in einem Punkte schneiden. Diesen Punkt bezeichnen wir mit H'.

Nun ist es ein Fundamentalsatz der Dioptrik, dass der Gang eines Lichtstrahles von dem Sinne, in dem die Bewegung verläuft, unabhängig ist. Der Strahl geht denselben Weg, mag das Licht von P' nach F gehen oder von F nach P'. Denken wir uns also, die Bewegung der Aetherwellen gehe von P und von F aus, so vereinigen sich die Richtungen der beiden eintretenden Strahlen in H, und die Richtung der beiden austretenden Strahlen ist derart, als kämen sie von H'. Daraus folgt, dass alle beim Eintritt auf H gerichteten Strahlen beim Austritt von

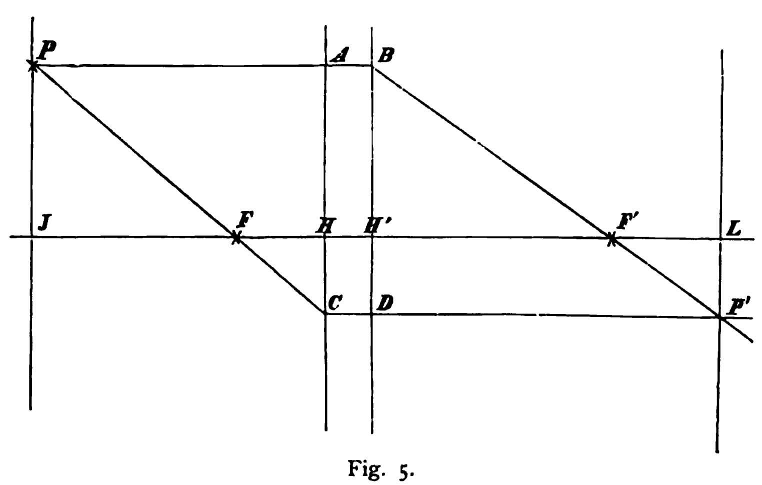


Fig. 5.

H' zu kommen scheinen. Denn es ist allgemein bewiesen, dass jedem eintretenden „homocentrischen" Strahlenbündel auch ein austretendes entspricht (vergl. oben S. 70). Gilt das von einer brechenden Fläche, so gilt es auch von einem ganzen System, weil von Fläche zu Fläche sich in dieser Hinsicht nichts ändert.

Wir legen nun durch H und H' zwei Ebenen senkrecht zur Axe. Diese Ebenen nennen wir die „Hauptebenen", ihren Durchschnitt mit der Axe die „Hauptpunkte" (H'' und H''' Fig. 4). Jedem Punkte auf der einen Hauptebene als einem Objectpunkte entspricht ein Punkt auf der anderen Hauptebene als Bildpunkt, der gleich weit von der Hauptaxe entfernt ist. Jedem Bilde auf der einen Hauptebene entspricht ein gleich grosses aufrechtes Bild auf der anderen. Die Richtung jedes parallel

zur Axe auf die erste Fläche des Systems fallenden Strahles muss die beiden Hauptebenen in zwei Punkten schneiden, die sich zu einander verhalten wie Objectpunkt und Bildpunkt. Die beiden Punkte sind gleich weit von der Axe entfernt und der Strahl, der parallel zur Axe auf den ersten Punkt gerichtet ist, kommt aus dem System heraus in der Richtung vom zweiten Punkte durch den Brennpunkt.

Man kann daher mit Hülfe der Hauptpunkte und Brennpunkte bei jedem auch noch so complicirten, aber centrirten System von brechenden Medien mit sphärischen Trennungsflächen für jeden Objectpunkt den zugehörigen Bildpunkt in der folgenden einfachen Weise construiren. Man ziehe von dem Objectpunkte P (Fig. 5) eine Parallele zur Axe, bis sie die zweite Hauptebene schneidet, und von diesem Durchschnittspunkte B eine Gerade durch den zweiten Brennpunkt, darauf von P eine Gerade durch den ersten Brennpunkt bis zum Durchschnitt mit der ersten Hauptebene C und von diesem Durchschnittspunkt eine Parallele zur Axe. Wo diese Parallele sich mit der durch B und F' gezogenen Geraden schneidet, liegt der Bildpunkt P'. Legen wir durch die Punkte P und P' zur Axe senkrechte Ebenen, so entspricht jedem Objectpunkte auf der ersteren ein Bildpunkt auf der letzteren. Wir können diese Punkte nicht blos durch Construction finden, sondern sehr bequem auch durch Rechnung nach den folgenden Gleichungen. Setzen wir

$$PJ = AH = BH' = y,$$
$$P'L = DH' = CH = y',$$
$$JH = PA = x,$$
$$LH' = P'D = x',$$
$$FH = f,$$
$$F'H' = f',$$

so finden wir:

$$\frac{f}{x} = \frac{y}{y' + y}, \qquad (1)$$

$$\frac{f'}{x'} = \frac{y}{y + y'}. \qquad (2)$$

Durch Addition und durch Division dieser zwei Gleichungen erhalten wir die folgenden zwei:

$$\frac{f}{x} + \frac{f'}{x'} = 1;$$

$$\frac{f}{x} \cdot y = \frac{f'}{x'} \cdot y'.$$

Wir gelangen also zu denselben Gleichungen, die wir für eine einzige brechende sphärische Fläche bereits gefunden hatten (vergl. oben S. 72). Nur bedeuten hier x und x' die Entfernungen von den Hauptpunkten, nicht von dem Scheitelpunkte wie in den früheren Gleichungen.

Noch bequemer für die Construction als die beiden Hauptpunkte sind die beiden „Knotenpunkte"[1]. Der erste Knotenpunkt liegt (Fig. 6) um die Brennweite f' ($F'H'$ Fig. 6) von F nach rechts entfernt und der zweite Knotenpunkt um die Brennweite f (FH Fig. 6) von F' nach links entfernt. Habe ich nach

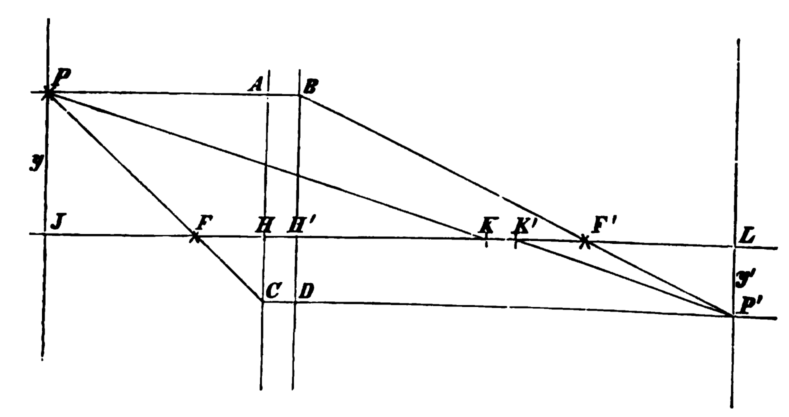


Fig. 6.

der angegebenen Construction die Bildebene zu einer gegebenen Objectebene gefunden, so finde ich zu jedem Punkte der Objectebene den zugehörigen Bildpunkt, indem ich von dem Objectpunkte eine Gerade zum ersten Knotenpunkte ziehe und darauf zu dieser Geraden von dem zweiten Knotenpunkte eine Parallele. Wo diese Parallele die Bildebene schneidet, liegt der Bildpunkt. Um dieses zu beweisen, habe ich nur zu zeigen, dass auf Fig. 6 die Verbindungslinie zwischen K' und dem nach der früheren

1) Die Knotenpunkte wurden von Moser u. Listing entdeckt. Moser, „Ueber das Auge". 1844. Dove's Repertorium. Bd. 5. Listing, Beiträge zur physiologischen Optik 1845 (in den Göttinger Studien) u. „Mathematische Discussion des Ganges der Lichtstrahlen im Auge". Wagner, Handwörterb. der Physiologie. Bd. 4, S. 451. 1853.

Constructionsmethode (S. 75) gefundenen Bildpunkte P' parallel ist der Linie PK.

Dieser Beweis ergiebt sich aus den soeben gefundenen Gleichungen. Kehren wir die Gleichung 1 $\frac{f}{x} = \frac{y'}{y'+y}$ um und subtrahiren von beiden Seiten 1, so finden wir:

$$\frac{x}{f} - 1 = \frac{y'+y}{y'} - 1 \; ; \; \frac{x-f}{f} = \frac{y}{y'}$$

ebenso aus Gleichung 2,

$$\frac{x'-f'}{f'} = \frac{y'}{y} \; ; \; \frac{y}{y'} = \frac{f'}{x'-f'}.$$

Da nun $\frac{y}{y'}$ zwei Brüchen gleich ist, so ist $\frac{y}{y'}$ auch gleich der Summe der beiden Zähler dieser Brüche, dividirt durch die Summe der beiden Nenner dieser beiden Brüche[1]). Wir haben also

$$\frac{y}{y'} = \frac{x-f+f'}{f+x'-f'} = \frac{JH - FH + FK}{H'L - H'F' + F'K'} = \frac{JK}{LK'}.$$

Da nun die Winkel bei J und L rechte sind und die einschliessenden Seiten proportional, so sind die Dreiecke PJK und $P'LK'$ einander ähnlich und die den homologen Seiten y und y' gegenüberliegenden Winkel bei K und K' einander gleich. Folglich ist PK der Linie $P'K'$ parallel, was zu beweisen war.

Die Lage dieser „Cardinalpunkte", der beiden Brennpunkte, der beiden Hauptpunkte und der beiden Knotenpunkte ist auch für das menschliche Auge durch Rechnung bestimmt worden. Um diese Rechnung auszuführen, müssen folgende Werthe gegeben sein:

1) Dieser Satz lässt sich leicht ganz allgemein beweisen:

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \quad \Big| \quad \frac{a}{b} \cdot d = c$$

$$\frac{a}{b} = \frac{e}{f} \quad \Big| \quad \frac{a}{b} \cdot f = e$$

$$\frac{a}{b}\left(d + f\right) = c + e.$$

$$\frac{a}{b} = \frac{c+e}{d+f}.$$

1. Die Brechungsquotienten der drei brechenden Medien: Humor aqueus, Linse, Humor vitreus. — Die Cornea ist eine parallelwandige Platte, von beiden Seiten begrenzt durch Flüssigkeiten von nahezu gleichem Brechungsexponent, der bespülenden Tränenflüssigkeit und dem Humor aqueus. Die Cornea bewirkt daher nur parallele Verschiebung der Strahlen, keine Richtungsänderung. Man kann also annehmen, dass der Humor aqueus bis zur vorderen Corneafläche reiche. — Die Brechungsquotienten der Augenmedien kann man bestimmen, indem man kleine linsenförmige Glasgefässe damit füllt, die Brennweite einer solchen Linse experimentell feststellt und daraus den Brechungsquotienten berechnet.

2. Die Abstände der drei brechenden Flächen von einander, der Corneafläche, der vorderen und der hinteren Linsenfläche. Am einfachsten bestimmt man diese Abstände, indem man sie an Durchschnitten gefrorener Augen misst. Helmholtz hat nachgewiesen, dass die drei nahezu sphärischen Flächen nahezu centrirt sind.

3. Die drei Radien der sphärischen Flächen. Diese lassen sich nach einem bekannten Satze der Katoptrik berechnen aus der Grösse des Spiegelbildes, welches durch Reflexion auf den sphärischen Flächen von einem Gegenstande entsteht, dessen Grösse und Entfernung von der reflectirenden Fläche gegeben ist. Beim Auge hat man nur mit der Schwierigkeit zu kämpfen, dass das zu messende Spiegelbild keinen Augenblick still steht. Es ist nicht zu vermeiden, dass das Auge und der Kopf in beständiger leichter Bewegung begriffen sind. Helmholtz ist es gelungen, auch diese Schwierigkeit zu überwinden mit Hülfe eines sinnreichen Apparates, des Ophthalmometers[1]), welcher gestattet, die Länge eines Bildes zu messen, während dasselbe in beständiger Bewegung begriffen ist.

Auf die Art, wie mit Hülfe der so gewonnenen Constanten die Lage der Cardinalpunkte für das menschliche Auge berechnet worden ist, will ich hier nicht eingehen. Ich verweise diejenigen der Herren, die an mathematischen Berechnungen ein Interesse haben, auf die citirten Werke, insbesondere auf die erwähnte Abhandlung von Listing in Wagners Handwörterbuch der

1) Eine genaue Beschreibung dieses Apparates und seiner Anwendung findet sich bei Helmholtz, l. c. S. 10—22.

Physiologie, welches jedem der Herren jederzeit leicht zugänglich ist, und hebe nur als Hauptergebniss dieser Berechnung hervor, dass *die hintere Brennebene für ein normales Auge nahezu mit der Netzhaut zusammenfällt, und dass die beiden Knotenpunkte ganz nahe bei einander in der Linse nicht weit von ihrer hinteren Fläche liegen* (Fig. 7). Da nun ein beim Eintritt in das Linsensystem auf den ersten Knotenpunkt gerichteter Strahl aus dem Linsensystem so austritt, als käme er ohne Aenderung der Richtung vom zweiten Knotenpunkte, so kann man ohne grossen Fehler

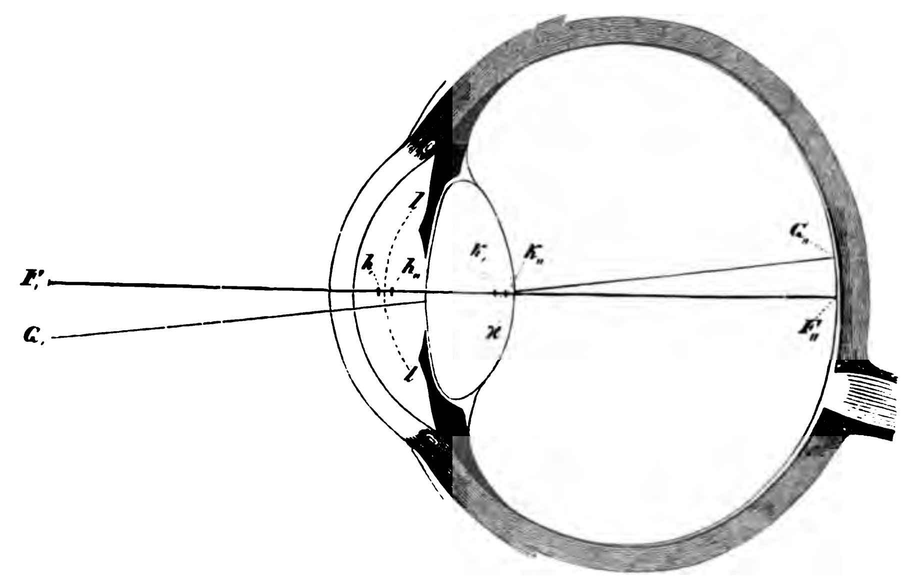


Fig. 7.

beim Auge den geringen Abstand der beiden Knotenpunkte vernachlässigen und annehmen, dass ein Strahl, der beim Eintritt auf die Mitte zwischen beiden Knotenpunkten — den sogenannten „**Kreuzungspunkt**“ — gerichtet ist, in derselben Richtung durch den Glaskörper zur Netzhaut gelangt. Geht dieser Strahl von einem entfernten Punkte aus, so müssen — da die Netzhaut in ihrem polaren Theil die Brennebene repräsentirt — in dem Punkte, wo er die Netzhaut trifft, alle von dem entfernten Punkte ausgehenden Strahlen zusammentreffen. Die auf den Kreuzungspunkt gerichteten Strahlen nennt man **Richtungslinien** oder **Sehstrahlen**, den Winkel, den zwei Sehstrahlen mit einander bilden, den **Seh-**

winkel. Je weiter zwei leuchtende Punkte von einander entfernt sind, desto grösser ist der Sehwinkel, den die von diesen Punkten ausgehenden Sehstrahlen mit einander bilden, und desto grösser ist auch der Abstand der beiden entsprechenden Bildpunkte auf der Netzhaut. Je grösser ein Object, desto grösser der Sehwinkel, unter dem es uns erscheint, und das Netzhautbild ist der Grösse des Sehwinkels nahezu proportional. Kommt uns das Netzhautbild zum Bewusstsein, so beurtheilen wir die Grösse des Objectes nach

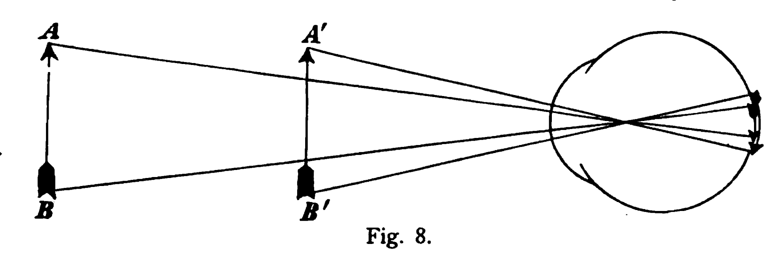


Fig. 8.

der Grösse des Sehwinkels. Diese Grösse nennt man die „scheinbare Grösse". Sie ist bei gleich grossem Object um so geringer, je weiter das Object vom Auge entfernt ist.

AB erscheint uns kleiner als *A'B'*, obgleich beide gleich gross

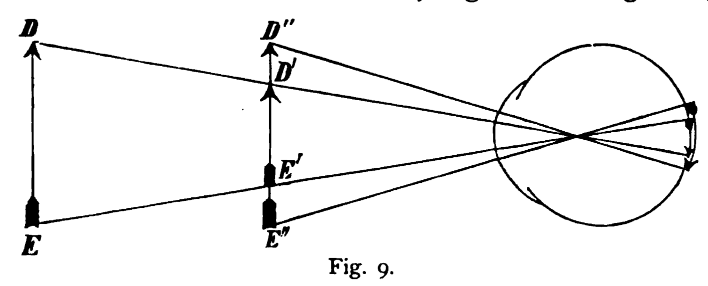


Fig. 9.

sind, weil *AB* weiter vom Auge entfernt ist (Fig. 8). *DE* und *D'E'* (Fig. 9) erscheinen uns gleich gross, obgleich *DE* weit grösser ist, weil wir sie unter dem gleichen Gesichtswinkel aus verschiedener Entfernung sehen. Der Unterschied in der Grösse tritt hervor, sobald die Objecte gleich weit entfernt sind (*D'E'* und *D''E''* Fig. 9).

Wir sind im Stande, nach der scheinbaren Grösse die wahre Grösse zu beurtheilen, wenn wir die Entfernung der Gegenstände kennen. Umgekehrt sind wir auch im Stande nach der scheinbaren Grösse die Entfernung der Gegenstände zu bemessen, wenn

uns ihre wahre Grösse aus früheren Erfahrungen bekannt ist. Wenn wir aber weder die wahre Grösse noch die Entfernung kennen, sind wir den grössten Täuschungen ausgesetzt. Uns bleibt dann zur Beurtheilung der Entfernung noch das Muskelgefühl, welches bei der grösseren oder geringeren Convergenz der beiden Augenaxen durch das Spiel der äusseren Augenmuskeln entsteht, und vielleicht auch noch das Muskelgefühl, welches vom Ciliar- und Irismuskel bei der Accommodation ausgeht. Ich komme hierauf zurück bei unseren späteren Betrachtungen über die Accommodation und erinnere an unsere früheren Betrachtungen über die Bedeutung des Muskelsinnes für die Entstehung der Raumvorstellung (vergl. Vortrag 3 S. 25—30). Bei der Beurtheilung der Entfernung eines Objectes gewährt uns auch die Deutlichkeit des Bildes einen Anhaltspunkt. Deshalb erscheinen uns z. B. die Berge bei trüber Luft weiter und höher, bei klarer Luft nah und niedrig. Auch die bekannte Erscheinung, dass Sonne und Mond beim Auf- und Untergang uns grösser erscheinen, als wenn sie hoch am Himmel sind, hat man so zu deuten gesucht. Vom Horizonte aus müssen die Strahlen einen weit längeren Weg durch die niemals staub- und dunstfreie Atmosphäre zurücklegen[1]).

Da sich die Richtungslinien oder Sehstrahlen im Kreuzungspunkte kreuzen, so muss das Netzhautbild von allen Objecten ein verkehrtes sein; oben und unten, rechts und links müssen vertauscht sein. Die Frage, warum wir trotzdem die Objecte aufrecht sehen, lässt sich am ungezwungensten wohl dahin beantworten, dass wir unwillkürlich jeden Bildpunkt in der Richtung seines Sehstrahls nach aussen projiciren. Es ist oft behauptet worden, dass wir diese Fähigkeit der richtigen Projection — ebenso wie die Fähigkeit, die Entfernung der Objecte und ihre gegenseitige Lage richtig zu beurtheilen — nur ganz allmählich erworben haben durch beständige Controlirung des Gesichtssinnes mit dem Tastsinn — „empiristische Theorie" —. Durch Beobachtung des langsam sich entwickelnden Menschen lässt sich die Richtigkeit dieser Lehre nicht prüfen. Die Beobachtung rasch sich entwickelnder Thiere spricht dagegen. Ein auf-

1) Eine andere Erklärung für diese Erscheinnng hat neuerdings W. v. Zehender versucht in seiner Abhandlung: „Die Form des Himmelsgewölbes und das Grössererscheinen der Gestirne am Horizont". Z. f. Ps. u. Phys. d. Sinnesorgane. Bd. 20, S. 353. 1899.

fallendes Beispiel ist die Ziege. Brehm[1]) sagt: „Die Zicklein kommen ausgebildet und mit offenen Augen zur Welt und sind schon nach wenigen Minuten im Stande, den Alten zu folgen. *Wild lebende Arten laufen am ersten Tage ihres Lebens ebenso kühn und sicher auf den Bergen umher wie ihre Eltern.*“ Und an einer anderen Stelle[2]) heisst es von den wilden Ziegen: „Sie sind überaus geschickt im Klettern und Springen und bekunden dabei einen Muth, eine Berechnung und Entschiedenheit, welche ihnen grosse Ehre machen. Sicheren Trittes überschreiten sie die gefährlichsten Stellen im Gebirge, schwindelfrei stehen sie auf den schmälsten Kanten, gleichgültig schauen sie in die furchtbarsten Abgründe hinab, unbesorgt, ja förmlich tollkühn äsen sie an fast senkrecht abfallenden Wänden.“ Wie sollte das Zicklein, welches eben erst das Licht der Welt erblickt hat, alle diese Gefahren überwinden, wenn es nur langsam und mühsam durch Controlirung des Gesichtseindrucks mit dem Tastsinne im Raum sich orientiren könnte?! Ich erinnere ferner an die Nestflüchter unter den Vögeln: eine junge Ente, die eben aus dem Ei gekrochen ist, sieht man schon am ersten Tage schnell und geschickt umherschwimmen, tauchen und sich selbst ihr lebendes Futter einfangen. Es handelt sich also um eine ererbte, angeborene Befähigung zur raschen Orientirung im Raum, die uns völlig unerklärlich und unbegreiflich ist — „nativistische Theorie“ —. Dieser Auffassung gegenüber und zu Gunsten der „empiristischen Theorie“ hat man sich auf die Beobachtungen an Blindgeborenen berufen, die durch eine Operation sehend wurden und sehr langsam lernten, die Gesichtseindrücke richtig zu deuten, mit den Tasteindrücken in Einklang zu bringen und sich im Raum zurechtzufinden[3]). Ich möchte diesem Argumente gegenüber doch

1) Brehm, Thierleben. Aufl. 3. Bd. 3, S. 172. 1891.

2) Brehm, l. c. S. 171.

3) Derartige psychologisch hochinteressante Fälle von dem Auftreten des Gesichtssinnes in einem Alter, wo man über alle dadurch bewirkten Aenderungen im Seelenleben Auskunft geben kann, finden sich beschrieben bei Cheselden, Phil. Transact. XXXV. p. 447. 1728, J. Ware, ibid. XCI. p. 382. 1801 u. J. Wardrop, ibid. 1826. III. p. 529, citirt bei Helmholtz. Aus der neueren Litteratur hebe ich hervor W. Uhthoff, „Unt. üb. d. Sehen-Lernen eines siebenjährigen blindgeborenen und mit Erfolg operierten Knaben“. Beiträge zur Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane, Helmholtz gewidmet. Voss, Hamburg u. Leipzig 1891. S. 115. Dort findet sich die frühere Litteratur über die operirten Blindgeborenen zusammengestellt.

zu bedenken geben, dass sich die Blindgeborenen durch den langen Nichtgebrauch ihres Gesichtssinnes in einem abnormen Zustande befanden, und es scheint mir sehr beachtenswerth, dass ein operirter 7 jähriger Blindgeborener „von Anfang an viel geschickter und sicherer war", als ein operirter 13 jähriger Blindgeborener.[1]) Noch möchte ich an die bereits erwähnten (S. 29) Beobachtungen an den arm- und beinlos geborenen, sogenannten „Rumpfmenschen" erinnern, die als Kinder nach Aussage ihrer Eltern sich ebenso rasch über räumliche Verhältnisse orientirt haben, wie andere Kinder, obgleich sie doch fast gar nicht ihre Gesichtseindrücke mit dem Tastsinn controliren konnten.

1) Helmholtz, l. c. S. 732.

Siebenter Vortrag.

Die Dioptrik des Auges, Fortsetzung. Accommodation. Refractionsanomalien: Myopie, Hypermetropie, Astigmatismus. Die physiologischen Unvollkommenheiten des dioptrischen Apparates.

In unseren bisherigen Betrachtungen haben wir angenommen, dass das Bild, welches der dioptrische Apparat unseres Auges entwirft, auf die Netzhaut falle. Das gilt in Wirklichkeit nur für ferne Gegenstände und nur für das normale, sogenannte emmetropische Auge. Thatsächlich sieht nun aber ein normales Auge auch nahe Gegenstände deutlich. Um diese Thatsache zu erklären, müssen wir zunächst bedenken, dass, wenn ein ferner Gegenstand sich einem dioptrischen Apparate nähert, die Bildfläche anfangs nur sehr langsam hinter die zweite Brennebene zurückweicht. Für das Auge lässt es sich berechnen, dass, wenn das Object aus unendlicher Ferne auf 10 m heranrückt, das Bild von der hinteren Brennebene nur um 0,029 mm sich entfernt. Rückt das Object von 10 m auf 5 m heran, so entfernt sich das Bild von 0,029 auf 0,059 mm von der Brennebene. Nun beträgt die Länge der lichtpercipirenden Elemente in der Retina (vgl. unten Vortrag 9), die Länge der Stäbchen und Zapfen nach Kölliker 0,063 bis 0,081 mm. Die Stäbchen und Zapfen stehen mit ihrer Längsaxe senkrecht zur Bildfläche; sie werden also von den Bildpunkten immer noch getroffen, auch wenn die Bildfläche ihre Lage etwas ändert. Deshalb braucht sich ein normales, emetropisches Auge für Objecte, die sich zwischen sehr grosser Ferne und 6 m befinden, nicht zu accommodiren.

Thatsächlich kann nun aber ein normales Auge Gegenstände deutlich sehen, die weit näher als auf 5 Meter, die bis auf 10 Centimeter heranrücken, und deren Bild bedeutend hinter die Brennebene fällt und auch hinter die Netzhaut fallen müsste, wenn

nicht eine Veränderung in dem dioptrischen Apparate des Auges vor sich ginge. Jeder kann sich leicht davon überzeugen, dass, wenn er einen fernen Gegenstand fixirt, nahe Gegenstände undeutlich erscheinen, und umgekehrt die fernen undeutlich, wenn er einen nahen Gegenstand fixirt. Dabei haben wir deutlich beim Fixiren naher Gegenstände ein Gefühl der Anstrengung, der Activität. Der Blick in die Ferne ermüdet nicht. Wohl aber empfinden viele Personen sehr bald ein Gefühl der Ermüdung beim Betrachten naher Gegenstände. Es folgt daraus, dass im Auge eine aktive Veränderung vorgeht beim Betrachten naher Gegenstände. Worin besteht diese Veränderung?

A priori sind 4 Annahmen möglich: 1. Der Brechungsexponent der Augenmedien ändert sich, 2. die Retina rückt nach hinten, 3. die Linse verschiebt sich nach vorn, 4. die Krümmungshalbmesser der brechenden Flächen werden kleiner.

Die erste Annahme, eine plötzliche Aenderung des Brechungsexponenten, eine stärkere Brechung und Verschiebung der Bildebene nach vorn scheint auf den ersten Blick als nicht unmöglich. Wir haben etwas Analoges bei der Muskenlcontraction: hier wird auf einen Nervenreiz eine plötzliche Aenderung in der chemischen Zusammensetzung der Muskelsubstanz bewirkt. Aber die motorischen Nervenfasern verlaufen im Muskel bis zum Inhalt jeder einzelnen Primitivfaser. Bis in das Linsengewebe hinein lassen sich dagegen keine Nervenfasern verfolgen.

Die Annahme einer Verschiebung der Retina nach hinten, einer Verlängerung der Augenaxe, scheint der starren Beschaffenheit der Sklera zu widersprechen.[1] Auch die Annahme einer Verschiebung der ganzen Linse[2] ist unzulässig. Dagegen spricht die gleich näher zu erörternde Thatsache, dass ein durch

---

1) In neuerer Zeit hat indessen Schneller (Graefe's Archiv XXXV. 1. S. 76. 1889) dennoch eine Mitwirkung bei der Accommodation durch Verlängerung der Augenaxe angenommen. Die Verlängerung werde bewirkt durch einen Druck der äusseren Augenmuskeln auf die Sklera im Aequator und ausgleichende Dehnung am hinteren Pol.

2) Bei Teleostiern kommt eine Accommodation durch Verschiebung der Linse vor, wie neuerdings Th. Beer (Pflüger's Arch. Bd. 58, S. 523. 1890) nachgewiesen hat. Bei den Teleostiern ist das Auge in der Ruhe auf die Nähe eingestellt, nicht auf die Ferne wie beim Menschen. Deshalb accommodirt der Fisch auf die Ferne und die Linse muss der Netzhaut genähert werden. Das bewirkt ein besonderer Musculus retractor lentis.

Reflex von der hinteren Linsenwand entstehendes Bild bei der Accommodation seine Lage nicht ändert. Es bleibt also nur die vierte unserer Annahmen übrig: Die Krümmungshalbmesser der brechenden Flächen müssen sich verkleinern, die Flächen müssen sich stärker krümmen. In Folge der stärkeren Krümmung rückt die Brennebene nach vorn, und die Bildebene eines nahen Gegenstandes, die hinter der Brennebene liegt, fällt auf die Netzhaut. Je näher der fixirte Gegenstand an das Auge heranrückt, desto stärker muss die Krümmung der brechenden Flächen werden, damit die Bildebene noch auf die Netzhaut falle. Diese stärkere Krümmung lässt sich thatsächlich nachweisen. Sie tritt aber nicht an allen drei Flächen ein. Die Hornhaut ändert bei der Accommodation ihre Wölbung nicht. Dass die vordere und hintere Linsenfläche sich stärker wölben, lässt sich dadurch beweisen, dass die durch Reflexion von diesen Flächen entstehenden Bilder eines hellen Gegenstandes, z. B. einer Flamme, im Momente der Fixation eines nahen Objectes sich verkleinern. Fig. 10 zeigt die drei Bilder einer Flamme; das Bild *a* ist von der Cornea reflectirt, *b* von der vorderen und *c* von der hinteren Linsenfläche. Das letztere Bildchen ist umgekehrt, weil es von einem Hohlspiegel reflectirt ist. Im Momente der Accommodation sieht man das Bild *a* un-



Fig. 10.

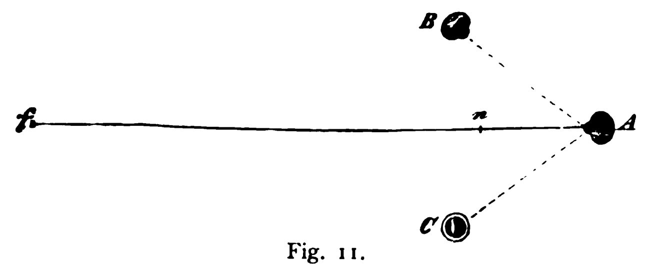


Fig. 11.

verändert auf der früheren Stelle; *b* verkleinert sich und nähert sich *a*; *c* verkleinert sich ein wenig, ohne seine Lage zu ändern. Es folgt daraus, dass die vordere und die hintere Linsenfläche sich stärker wölben. Der hintere Pol der Linse rückt nicht von der Stelle. Der vordere nähert sich der Cornea. Der Aequator der Linse muss enger werden.

Die Ausführung des Versuches ist folgende. In einem sonst völlig dunkeln Zimmer befindet sich nur eine Flamme *C* (Fig. 11)

in gleicher Höhe mit dem beobachteten Auge *A* seitlich und vor dem Auge, ungefähr 0,5 Meter von demselben entfernt. Die Verbindungslinie der Flamme mit dem Auge bildet einen Winkel von ca. 15—20° mit der Augenaxe. Das Auge des Beobachters *B* befindet sich auf der anderen Seite von der Augenaxe *Af* des beobachteten Auges, ungefähr in gleicher Entfernung von dem beobachteten Auge und unter gleichem Winkel mit der Augenaxe wie die Flamme *C*. Das beobachtete Auge fixirt im Beginne des Versuches einen fernen Gegenstand *f*. Sobald der Beobachter die drei Spiegelbilder sieht — die Wahrnehmung erfordert einige Uebung, weil das Bildchen *b* sich leicht hinter dem Pupillenrand verbirgt —, fordert er die Versuchsperson auf, den nahen Gegenstand *n*, etwa eine Nadel, zu fixiren. In diesem Momente sieht man das Bildchen *b* sich verkleinern und sich *a* nähern. Die Verkleinerung von *c* ist unbedeutend und kann nur durch genaue Messungen festgestellt werden. In Bezug auf die Methode der Ausführung dieser sehr schwierigen Messungen verweise ich auf das Werk von Helmholtz. Die drei Bildchen führen nach ihren Entdeckern den Namen Purkinje-Sanson'sche Bildchen. Ihre genaue Messung mit Hülfe seines Ophthalmometers (vergl. oben S. 79) ausgeführt zu haben, ist das Verdienst von Helmholtz. Die stärkere Wölbung der vorderen Linsenfläche bei der Accommodation hatte bereits vor Helmholtz der holländische Ophthalmolog Antonie Cramer (1822—1855) nachgewiesen.

Wir müssen uns nun die weitere Frage vorlegen: wie kommt die so bewiesene stärkere Wölbung der Linse zu Stande? Jeder kann leicht an sich beobachten, dass das Fixiren naher Gegenstände ein willkürlicher Act ist. Die Veränderung an der Linse bei der Accommodation steht also direct oder indirect unter dem Einfluss motorischer Nerven. Da nun zum Linsengewebe, wie bereits erwähnt, keine Nervenfasern verlaufen, und da, soweit unsere Kenntniss reicht, jede willkürliche Bewegung in unserem Körper nur durch den Einfluss von Nerven auf Muskeln hervorgerufen wird, so lag es nahe, an den Muskel zu denken, der in unmittelbarer Nähe den Aequator der Linse umgiebt — an den Musculus ciliaris. Durch Contraction dieses Muskels könnte ein Druck auf den Aequator der Linse ausgeübt werden, und die Linse müsste nach dem vorderen Pole zu in die Pupille hinein

ausweichen. Diese Annahme wurde von Heinrich Müller[1]), dem Entdecker der Ringfaserschicht im Musculus ciliaris gemacht. Helmholtz denkt sich den Einfluss des Musculus ciliaris auf die Formveränderung der Linse als einen nicht so directen. Genaue Messungen hatten ergeben, dass die aus dem Auge genommene Linse von vorn nach hinten dicker ist als vor der Herausnahme. Die Linse ist im lebenden ruhenden Auge abgeflacht durch den Zug, den die Zonula Zinnii ausübt. Eine Contraction des Musculus ciliaris giebt nur dem Anheftungsring der Zonula Zinnii einen kleineren Durchmesser, der Zug lässt nach und die Linse nähert

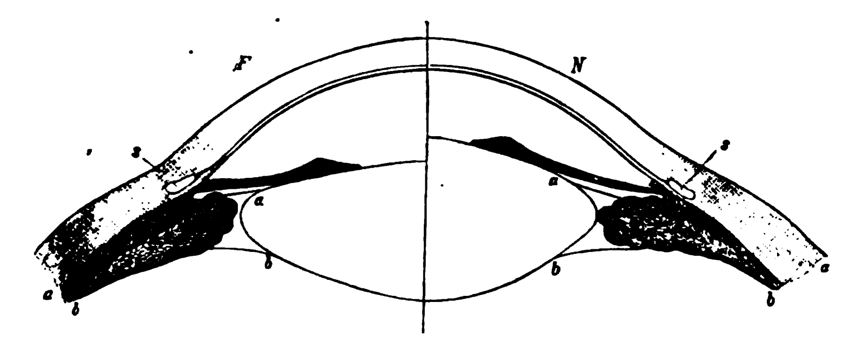


Fig. 12.

sich ihrer physikalischen Gleichgewichtsform, d. h. einer mehr kugelförmigen Gestalt.

Helmholtz sagt wörtlich: „Dass die von der Kapsel umschlossene Linse elastisch ist, und dass der Zug der Zonula genügt, sichtbare Formenveränderungen hervorzubringen, lässt sich an todten, nicht zu alten menschlichen und thierischen Augen zeigen, wenn man von vorn her die Linse und Zonula freilegt und dann vorsichtig mit zwei feinen Pincetten die Zonula an entgegengesetzten Seiten der Linse fassend einen Zug ausübt. Man sieht

1) H. Müller, Verh. d. physik.-med. Ges. zu Würzburg II. 2. 15. Dec. 1855 und Arch. f. Ophthalmologie. III. S. 1. 1857. Vergl. auch van Reeken, Onderzoekingen gedaan in het Physiol. Laborat der Utrecht'sche Hoogeschool. Jaar VII. 248—586. 1855 und Rouget, Comptes rendus 1856, I, Nr. 20 u. 26; H. Müller, ebenda. Nr. 25 und II, Nr. 7. 1856 und Max Langenbeck, Klinische Beiträge aus dem Gebiete der Chirurgie und Ophthalmologie. Göttingen 1849.

dabei die Linse sich in Richtung des Zuges verlängern und wieder in ihre Kreisform zurückkehren, sobald der Zug nachlässt."[1])

Auf der Fig. 12 stellt Helmholtz auf Grund genauer Messungen am menschlichen Auge den vorderen Theil desselben im Querschnitt und in fünffacher Vergrösserung dar, und zwar auf der linken Hälfte des ruhenden, auf die Ferne eingestellten, auf der rechten des auf die Nähe accommodirten Auges.

Für die Annahme, dass die Accommodation für die Nähe nur

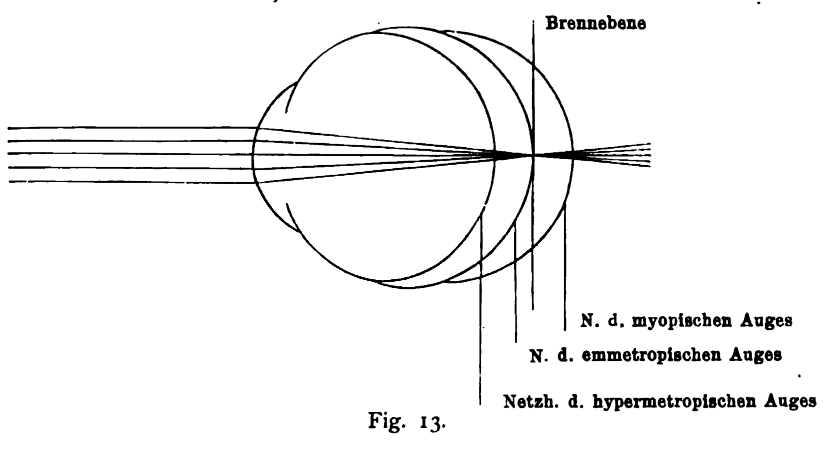


Fig. 13.

durch eine Veränderung in der Gestalt der Linse zu Stande komme, hat man auch die Beobachtungen an Personen, denen die Linse durch Staroperation entfernt war, geltend gemacht. Bekanntlich kann man nach der Staroperation die Linse durch eine Convexbrille ersetzen. Bei solchen Personen ist, wie Donders[2]) (1818—1889) feststellte, keine Spur von Accommodationsfähigkeit mehr vorhanden.[3]) Wird durch Atropin der Ciliarmuskel gelähmt, so hört gleichfalls die Accommodation ganz auf, das Auge ist auf die Ferne eingestellt.

1) Helmholtz, l. c. S. 136.

2) F. C. Donders, On the anomalies of accommodation and refraction. London 1864. p. 320—321 und Over schijnbare accomodatie bij aphakie. Onderz. ged. in het physiol. Lab. der Utr. hoogeschool. 3. reeks. II. s. S. 125. 1872.

3) Zu einem abweichenden Resultate gelangte Schneller, welcher in der S. 86 bereits citirten Arbeit angiebt, dass ein aphakisches Auge — ebenso wie ein atropinisirtes — doch noch eine geringe Accommodationfähigkeit besitzt, und diese Fähigkeit auf den Druck der äusseren Augenmuskeln zurückführt. Vgl. Förster, Klinische Monatsbl. für Augenheilk. 1872. S. 39.

Die Annahme, welche wir bei allen bisherigen Betrachtungen gemacht haben, dass im ruhenden Auge die hintere Brennebene mit der Netzhaut zusammenfalle, gilt, wie bereits erwähnt, nur für gewisse Augen, die sogenannten **emmetropischen,** die man als die normalen betrachtet. Die übrigen Augen bezeichnet man als **ametropisch.** Fällt die Brennebene vor die Netzhaut, so nennt man das Auge **myopisch** oder kurzsichtig, fällt die Brennebene hinter die Netzhaut, so nennt man das Auge **hypermetropisch** oder übersichtig. Die Strahlen, die von einem fernen hellen Punkte ausgehen und nahezu parallel auf die Hornhaut fallen, werden also auf der Netzhaut des myopen und hypermetropen Auges nicht in einem Punkte vereinigt (Fig. 13), sondern bilden Zerstreuungskreise. Die zwei benachbarten Objectpunkten entsprechenden Zerstreuungskreise decken sich theilweise, und das Bild wird undeutlich, verschwommen.

Als Ursache der Myopie wären vier Annahmen denkbar: 1. erhöhter Brechungsquotient der brechenden Medien, 2. verkleinerte Krümmungsradien, 3. Verschiebung der Krystalllinse nach vorn, 4. in der Richtung der Hauptaxe verlängerter Bulbus. Alle vier Annahmen sind gemacht worden.[1])

In den Fällen hochgradiger Myopie ist die vierte Ursache, die Verlängerung des Bulbus in der Richtung der Hauptaxe anatomisch nachgewiesen. Bei den Augen mit niedriger und mittlerer Myopie dagegen schwankt die Länge der Hauptaxe in der Mehrzahl der Fälle innerhalb derselben Grenzen wie bei den emmetropischen Augen.[2]) Die Myopie muss daher in diesen Fällen auf eine oder mehrere der drei ersten Ursachen zurückgeführt werden. Die Ursache der Hypermetropie ist in den meisten Fällen ein in der Richtung der Hauptaxe verkürzter Bulbus.

Nähert sich ein fernes Object dem **myopischen** Auge, so rückt die Bildebene langsam hinter die Brennebene und nähert sich der Netzhaut. Die Zerstreuungskreise auf der Netzhaut, welche den Objectpunkten entsprechen, werden immer kleiner, das Bild auf

1) Eine eingehendere Besprechung dieses Gegenstandes gehört in die Pathologie des Auges; ich verweise deshalb auf die Handbücher der Ophthalmologie. Von neueren Arbeiten hebe ich die ausgezeichneten Untersuchungen von Schnabel und Herrnheiser (Z. f. Heilkunde. Bd. 16, S. 1. 1895) hervor. Dort findet sich auch die frühere Litteratur citirt.

2) Schnabel und Herrnheiser l. c.

der Netzhaut immer deutlicher, bis schliesslich die Bildebene auf die Netzhaut fällt und das Object deutlich gesehen wird. Den Punkt, in welchem das Object sich jetzt befindet, nennt man den Fernpunkt (Punctum remotum) des myopischen Auges. Die Entfernung dieses Punktes (R Fig. 14) vom Auge entspricht der Brennweite des Concavglases, welches das betreffende myopische Auge corrigirt, d. h. welches das Auge in den Stand setzt, ferne Gegenstände ohne Accommodation deutlich zu sehen, also parallele Strahlen zu einem Punkte auf der Netzhaut zu vereinigen.

Das corrigirende Concavglas (Zerstreuungsglas) (Fig. 14) macht nämlich die parallelen Strahlen so weit divergent, als kämen sie von dem Brennpunkte, also demselben Punkte *R*, von dem aus ohne Glas die Strahlen so weit divergiren, dass sie erst auf der

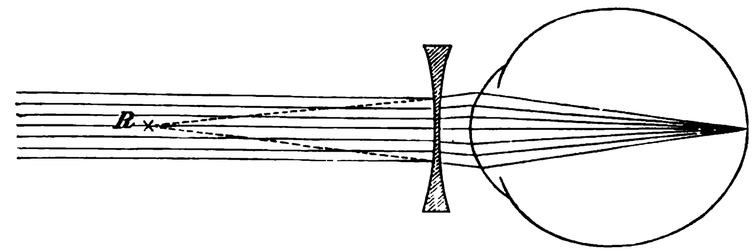


Fig. 14.

Retina zur Vereinigung gelangen. Wählt man ein stärkeres Zerstreuungsglas, so kann das myopische Auge auch damit noch deutlich ferne Gegenstände sehen, aber nur mit Hülfe der Accommodation, ebenso wie das myopische Auge auch Gegenstände mit Hülfe der Accommodation noch deutlich sieht, die näher als bis zum Fernpunkt an das Auge heranrücken. Die Brennweite des schwächsten Glases also, mit dem ein myopisches Auge ferne Gegenstände deutlich sieht, ist das Maass für den Grad der Myopie. Je kürzer diese Brennweite, desto hochgradiger die Myopie. Man misst daher die Myopie durch den reciproken Werth der Brennweite des schwächsten corrigirenden Glases. Als Einheit hat man die Brennweite von 1 Meter gewählt, und nennt sie eine Dioptrie. Beträgt die Brennweite z. B. 0,25 Meter, so sagt man der Grad der Myopie ist $\frac{1}{0,25} = 4$ Dioptrien.

Nähert sich ein Gegenstand vom Fernpunkt aus dem myopischen Auge, so wird er anfangs, wie erwähnt, mit Hülfe der Accom-

modation noch deutlich gesehen, aber nur bis zu einem ganz bestimmten Punkte der Annäherung, dem sogenannten Nahpunkte. Von diesem Punkte aus wird bei weiterer Annäherung der Gegenstand immer undeutlicher. Um ihn doch noch deutlich zu sehen, muss auch das myopische Auge ein Convexglas anwenden.

Für das emmetropische Auge liegt der Fernpunkt in der Unendlichkeit, der Nahpunkt bei einem jungen Manne von 20 Jahren ungefähr 10 cm vom Auge.

Der Nahpunkt eines emmetropischen sowie der Nah- und Fernpunkt eines myopischen Auges lassen sich ziemlich genau bestimmen mit Hülfe des sogenannten Scheiner'schen Versuches. Dieser schon vor 300 Jahren von dem Jesuitenpater Scheiner ausgeführte Versuch ist lehrreich und kann jederzeit mit den einfachsten Mitteln wiederholt werden; es genügt dazu eine Nadel und eine Visitenkarte. Man sticht in die Karte zwei kleine Löcher, deren Abstand weniger beträgt als den Durchmesser der Pupille. Man schliesst das eine Auge und bringt vor das andere die beiden Löcher der Karte. Sieht so ein myopisches Auge auf die Spitze einer Nadel, die sich jenseits des Fernpunktes befindet, so erscheint die Nadel doppelt. Wird die Nadel bis zum Fernpunkt genähert, so erscheint sie einfach, ebenso bei weiterer Annäherung vom Fernpunkt bis zum Nahpunkt, zwischen Nahpunkt und Auge dagegen wieder doppelt. Die Erklärung ist einfach. Die beiden Löcher in der Karte schneiden aus dem Strahlenbündel, welches von einem Punkte der Nadel ausgeht, zwei kleine Bündel heraus. Diese beiden Bündel werden sich, falls die Bildebene der Nadel mit der Netzhaut zusammenfällt, in einem Punkte der Netzhaut schneiden. Dieses ist der Fall, wenn die Nadel zwischen Fernpunkt und Nahpunkt fixirt wird. Liegt dagegen die Netzhaut hinter oder vor der Bildebene der Nadel, so entstehen auf der Netzhaut zwei Zerstreuungskreise. Ersteres ist der Fall, wenn sich die Nadel jenseits des Fernpunktes, letzteres, wenn sie sich zwischen Nahpunkt und Auge befindet.

Das **hypermetropische** Auge kann ohne Accommodation keinen Gegenstand deutlich sehen. Die Brennebene liegt hinter der Netzhaut. Die Strahlen, die von einem fernen Punkte kommen, vereinigen sich erst hinter der Netzhaut zu einem Punkte und er-

zeugen auf der Netzhaut einen Zerstreuungskreis. Je näher der helle Punkt an das Auge heranrückt, desto weiter hinter der Netzhaut werden die von ihm ausgehenden Strahlen zu einem Punkte wieder vereinigt, desto grösser wird der Zerstreuungskreis auf der Netzhaut, desto undeutlicher jedes Bild. Das hypermetropische Auge kann also nur deutlich sehen mit Hülfe der Accommodation oder mit Hülfe von Convexgläsern, welche die Strahlenbündel früher zur Vereinigung bringen. Das stärkste Convexglas, mit dem ein Hypermetrop ferne Gegenstände deutlich sehen kann, giebt den Grad seiner Hypermetropie an. Giebt man ihm ein schwächeres Glas, so kann er doch noch deutlich sehen mit Hülfe der Accommodation. Das stärkste Glas[1]) aber zeigt an, um wieviel das Brechungsvermögen seines dioptrischen Apparates gesteigert werden muss, damit er ohne Accommodation parallele Strahlen auf seiner Netzhaut in einem Punkte vereinigen kann. Je hochgradiger die Hypermetropie, desto stärker muss dieses Glas, desto kürzer seine Brennweite sein. Man misst daher den Grad der Hypermetropie durch den reciproken Werth der Brennweite des stärksten corrigirenden Glases und drückt ihn in Dioptrien aus wie bei der Myopie, nur mit entgegengesetztem Vorzeichen.

Wir haben die **emmetropischen** Augen als die normalen bezeichnet, weil sie bei Naturvölkern die Regel und in jungen Jahren auch bei den Kulturvölkern die vortheilhaftesten sind. Solange die Accommodation ungeschwächt ist, sieht der Emmetrop in die Ferne ohne Anstrengung und kann auf die Nähe accommodiren. Er bedarf in keinem Falle der künstlichen Hülfe, der Brille. Überblickt man aber das ganze Leben, so könnte es scheinen, dass diese Augen nicht immer die vortheilhaftesten sind, namentlich nicht für Gelehrte und für alle diejenigen Berufsklassen, deren Arbeit die anhaltende Betrachtung kleiner Gegenstände in nächster Nähe erfordert. Denn das Accommodationsvermögen nimmt mit dem Alter rasch ab. Die Entfernung des

---

1) Beim Aufsuchen dieses Glases wird man bisweilen den Accommodationsmuskel mit Atropin lähmen müssen, weil die Hypermetropen häufig den Accommodationsmuskel nicht entspannen, auch wenn sie die Accommodation nicht nöthig haben. Eine eingehendere Besprechung dieser Schwierigkeit und überhaupt die ganze Lehre von der Auswahl der Brillen gehört in die Ophthalmologie.

Nahpunktes vom Auge beträgt annähernd im Durchschnitt beim Emmetropen im Alter von

10 Jahren	7	Centimeter	45 Jahren	30	Centimeter
15 „	8	„	50 „	40	„
20 „	10	„	55 „	60	„
25 „	12	„	60 „	100	„
30 „	14	„	70 „	400	„
35 „	18	„	75 „	∞	
40 „	22	„			

Mit 60 Jahren kann der Emmetrop nur noch auf armslange Entfernung lesen, also nur noch grosse Schrift, schon um das 50. Jahr bedarf er zum Lesen feiner Schrift einer Brille.

Bei den Laien herrscht ein Vorurtheil gegen die Brillen — „man braucht immer stärkere und stärkere" — ein lehrreiches Beispiel für den Fehlschluss: post hoc, ergo propter hoc. Nicht die Brille ist die Ursache der Accommodationsschwäche, sondern das mit dem zunehmendem Alter zunehmende Starrwerden der Linse.

Wenn also in jungen Jahren das emmetropische Auge als das vortheilhafteste erscheint, so könnte man glauben, dass im herannahenden Alter das schwach und nicht progressiv **myopische** Auge vortheilhafter sei. Für die Ferne kann man das Auge leicht mit einem schwachen Concavglase corrigiren, und beim Lesen braucht man das Auge niemals anzustrengen. Das scheinen für den Gelehrten die besten Augen zu sein, die unverwüstlichen, die Nächte hindurch arbeiten, ohne zu ermüden; das sind die Augen, um die der Normalsichtige, der Emmetrop so oft den Myopen beneidet.

Jedenfalls aber sind es nur die leichten Grade der Myopie, die den Neid des Normalsichtigen erregen können; die hochgradige und namentlich die progressive Myopie gewährt kein beneidenswerthes Los. Mit zunehmendem Alter entfernt sich der Nahpunkt immer mehr vom Auge, und der Fernpunkt rückt immer näher heran, bis beide zusammenfallen. Solche Personen brauchen verschiedene Brillen für die Nähe und Ferne, und ihre Augen sind zu Erkrankungen geneigt.

Das **hypermetropische** Auge ist von einigen Autoren für das normale erklärt worden, weil man das Auge des Kindes hypermetropisch fand, und zwar um so stärker, je jünger das

Kind. Aber das kindliche Auge ist ebensowenig die Norm für den Erwachsenen wie das kindliche Hirn.

Der Hypermetrop hat den Nachtheil, dass er beständig accommodiren muss; er verlernt es oft, die Accommodation vollständig zu entspannen. Deshalb wendet man bisweilen zum Nachweis der Hypermetropie das Atropin an. Den Emmetropen erkennt man daran, dass er mit einem schwachen Convexglase nicht mehr deutlich in die Ferne sieht. Sieht ein Mensch mit einem schwachen Convexglase deutlich in die Ferne, so ist bewiesen, dass er hypermetropisch ist. Sieht er nicht deutlich, so bleibt die Frage unentschieden: er kann unwillkürlich accommodiren. In diesem Falle kann das Atropin entscheiden.

Deshalb merken die Hypertropen in der Jugend ihren Fehler häufig nicht. Erst bei abnehmendem Accommodationsvermögen, erst in den zwanziger Jahren merken sie, dass sie beim Lesen rasch ermüden. Mit 30 Jahren können sie schon bei voller Accommodationsanstrengung das Auge nicht mehr auf 30 Centimeter einstellen. Mit 35 Jahren liegt der Nahpunkt bei 60 Centimetern. Eine Brille wird nothwendig. Schliesslich rückt auch der Nahpunkt über die Unendlichkeit hinaus, d. h. es ist auch für die Ferne eine Convexbrille nöthig. Und dieses ist nur eine leichte Hypermetropie. Bei der hochgradigen kann schon im Kindesalter nicht auf 30 Centimeter accommodirt werden, mit 20 Jahren nur noch auf die unendliche Ferne. Die starken Accommodationsanstrengungen haben schlimme Folgen aller Art, deren Besprechung ich der Ophthalmologie überlassen muss.

Eine Refractionsanomalie, die noch häufiger vorkommt als die Myopie und die Hypermetropie, ist der **Astigmatismus.** Vollkommen frei davon sind nur wenige Augen. Das myopische und das hypermetropische Auge können doch wenigstens bei einer gewissen Entfernung und bei einer bestimmten Accommodation ein deutliches Bild von den Objecten erhalten; das astigmatische Auge dagegen kann bei keiner Entfernung und Accommodation die von einem Punkte ausgehenden Strahlen auf einem Punkte der Netzhaut vereinigen. Daher der treffende Name Astigmatismus — *στίγμα* Punkt, von *στίζω* stechen mit dem *α* privativum.

Denken Sie sich durch die Augenaxe, d. h. die Linie, welche den Mittelpunkt der Cornea mit den Centren der brechenden Flächen verbindet, Ebenen gelegt, so schneiden diese Ebenen die

Corneaoberfläche in Bögen, die man als die Meridiane der Cornea bezeichnet. Nur wenn alle diese Meridiane eine gleiche Krümmung haben, wird ein auf die Cornea fallendes homocentrisches Strahlenbündel nach der Brechung wiederum in einem Punkte vereinigt. Die Strahlen bilden nach der Brechung einen Kegel. An der Spitze des Kegels kreuzen sich die Strahlen und bilden einen zweiten Kegel. Nur wenn der Durchschnitt der percipirenden Netzhautfläche mit dem Doppelkegel auf den Punkt trifft, wo die Spitzen der beiden Kegel sich berühren, erhält man ein deutliches Bild, in jedem anderen Falle einen Zerstreuungskreis.

Wenn nun aber die Meridiane der Cornea nicht alle gleiche Krümmung haben, so kann ein auf die Cornea fallendes homocentrisches Strahlenbündel nach der Brechung in keinem Falle wiederum in einem Punkte vereinigt werden. Der beschriebene Doppelkegel kann nicht entstehen. Statt dessen nimmt das

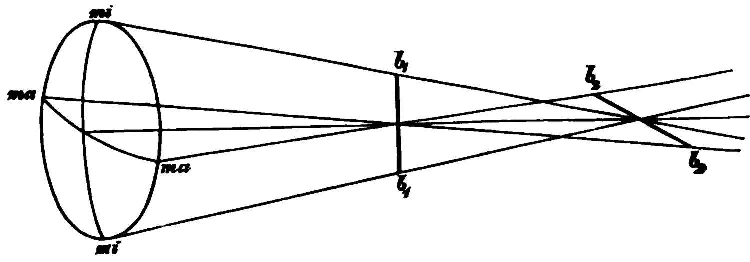


Fig. 15.

Strahlenbündel eine Form[1]) an, die durch die Fig. 15 angedeutet wird. Das ist die Refractionsanomalie, die man als Astigmatismus bezeichnet. Diese Figur stellt einen Fall von Astigmatismus dar, wo der verticale Meridian *mi mi* schwächer gekrümmt ist als der horizontale. Deshalb gelangen die auf den horizontalen Meridian fallenden Strahlen früher zur Vereinigung, als die auf den verticalen fallenden. Die Form, welche in Folge dessen das ganze Strahlenbündel annimmt, ist derart, dass sein Durchschnitt mit der Netzhaut an keiner Stelle ein Punkt sein kann. Schneidet die Netzhaut das Bündel in der Linie b_1 b_1, so entsteht auf der Netzhaut eine verticale Linie. Schneidet die Netzhaut das Bündel

1) Diese Form lässt sich schwer beschreiben und auch nicht leicht mathematisch berechnen, sehr leicht und schön aber demonstriren mit Hülfe des Kühne schen Augenschema und einer fluorescirenden Flüssigkeit.

in der Linie b_2 b_2, so entsteht eine horizontale Linie. An jeder anderen Stelle entstehen auf der Netzhaut elliptische Zerstreuungskreise. Daraus erklärt sich die Thatsache, dass ein astigmatisches Auge horizontale und verticale Linien bei gleicher Entfernung nicht gleich deutlich sieht. Man bewege die Fig. 16 vor den Augen hin und her, bis man die Entfernung trifft, bei welcher die Horizontallinien am deutlichsten gesehen werden. In diesem Momente erscheinen die Verticallinien am undeutlichsten. Umgekehrt erscheinen die Horizontallinien am verschwommensten bei der Entfernung, in welcher man die Verticallinien am deutlichsten getrennt sieht. Die concentrischen Ringe der Fig. 17 erscheinen bei verschiedener Entfernung vom Auge in verschiedenen Durchmessern verschwommen. Die Erklärung ist einfach. Jede helle Linie ist aus hellen Punkten zusammengesetzt. Wenn nun jeder

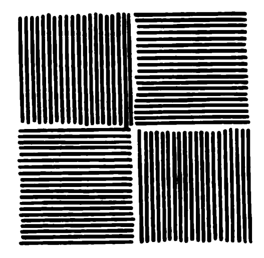


Fig. 16.



Fig. 17.

helle Punkt auf der Netzhaut eine kleine horizontale Linie bildet, so kann das Bild einer horizontalen Linie dadurch nicht verwischt werden. Wohl aber müssen nebeneinander liegende verticale Linien dadurch verschwimmen. Wenn nun die Netzhaut so eingestellt wird, dass jeder Objectpunkt eine kleine verticale Linie bildet, so müssen umgekehrt die Horizontallinien verwischt werden, die Verticallinien dagegen deutlich erscheinen. Von diesem Symptom des Astigmatismus wird man nur wenige Augen ganz frei finden. Hochgradigen Astigmatismus corrigirt man durch Convex- oder Concavcylinderbrillen, deren Axe senkrecht zu dem Meridian der Hornhaut gestellt ist, in welchem die Brechung zu schwach oder zu stark ist. Die Besprechung der Methoden, nach denen man die Lage dieser Axen in jedem einzelnen Falle feststellt und die passende Cylinderbrille auswählt, gehört in die Ophthalmologie.

Der Astigmatismus steht an der Grenze der pathologischen

und physiologischen Unvollkommenheiten des dioptrischen Apparates im menschlichen Auge. Eine rein physiologische Unvollkommenheit dagegen, ein Mangel, von dem kein Auge frei bleibt, ist die **unvollkommene Centrirung** unseres Linsensystems. Die Centren der drei brechenden Flächen liegen nicht genau auf ein und derselben geraden Linie, der „optischen Axe“. Jeder Optiker vermeidet diesen Fehler bei der Construction seiner Instrumente. Indessen lässt sich doch am Auge die Lage der Linie bestimmen, welche annähernd die Ansprüche erfüllt, die man an eine optische Axe zu machen hat, welche auch nahe genug mit der Hornhautaxe zusammenfällt und durch den Mittelpunkt des Hornhautumfanges geht. Diese Linie nennt man die **Augenaxe** (*F, F,,* Fig. 7 S. 80). Man glaubte früher, dass die Augenaxe zusammenfalle mit der „**Gesichtslinie**“ *G, G,,,* das ist der Richtung des genauesten Sehens. Die Lage dieser Linie ist bestimmt durch den Mittelpunkt der Fovea centralis und den Kreuzungspunkt. Nur wenn die Verlängerung dieser Linie auf ein Object trifft, sehen wir dasselbe mit der grösstmöglichen Schärfe und Deutlichkeit. Es ist nämlich, wie wir bald eingehender besprechen wollen, die Fovea centralis der empfindlichste Theil der Netzhaut, der Theil, in dem alle übrigen histiologischen Elemente der Netzhaut den lichtpercipirenden Zapfen gegenüber am meisten zurücktreten. Die Fig 7 stellt einen Horizontalabschnitt durch das rechte Auge, von oben betrachtet, dar. Die Augenaxe *F, F,,* und die Gesichtslinie *G, G,,* bilden nach Helmholtz's Berechnung einen Winkel von 3,5 bis 8⁰. Man braucht für das Sehen von Objecten, die in der Gesichtslinie liegen, den Ausdruck „**directes Sehen**“, und für das Sehen aller anderen Objecte, deren Bild nicht auf die Fovea centralis oder wenigstens nicht auf die Macula lutea fällt, den Ausdruck „**indirectes**“ oder „**seitliches Sehen**“.

Zu den physiologischen Unvollkommenheiten unseres dioptrischen Apparates gehört ferner die **chromatische Aberration.** Bei der Construction optischer Instrumente wird dieser Mangel bekanntlich vermieden durch die von John Dollond (1706—1761) erfundene Combination einer Convexlinse von Crownglas mit einer Concavlinse von Flintglas zu einer sogenannten achromatischen Linse. Ob auch in unserem Auge durch eine ähnliche Einrichtung die Farbenzerstreuung vermindert wird, wissen wir nicht. Jedenfalls ist die Achromasie unseres Auges keine voll-

ständige. Davon überzeugte sich Fraunhofer bei Beobachtung der Linien im Sonnenspectrum. Er musste das Fernrohr für das rothe Ende des Spectrum anders einstellen als für das violette. Da sein Fernrohr achromatisch war, musste das Auge die chromatische Aberration haben. Dieser Fehler ist aber unbedeutend und stört uns für gewöhnlich nicht, weil sich bekanntlich die farbigen Zerstreuungskreise decken und nur ein schwach farbiger Rand am Bilde übrig bleibt, den wir meist nicht bemerken, und weil ausserdem das Dispersionsvermögen der Augenmedien geringer ist als das des Glases der optischen Instrumente. Deutlich können wir jedoch die Farbenzerstreuung wahrnehmen, wenn wir nicht weisses Licht auf unser Auge fallen lassen, sondern Licht, welches nur aus zwei Farben sich zusammensetzt, die möglichst weit im Spectrum von einander entfernt sind und somit ein möglichst verschiedenes Brechungsvermögen haben. Betrachten wir z. B. einen hell leuchtenden Punkt durch ein Kobaltglas, welches vorherrschend rothes, indigoblaues und violettes Licht durchlässt, die mittleren Strahlen aber ziemlich vollständig absorbirt, so sehen wir den Punkt roth mit einem blauen Zerstreuungssaum oder blau mit einem rothen Zerstreuungssaum, je nachdem wir das Auge auf rothes oder blaues Licht eingestellt haben. Die rothen Strahlen gelangen bekanntlich nach der Brechung viel weiter von der brechenden Fläche zur Vereinigung als die violetten; das rothe und das violette Bild sind weit von einander entfernt. Diese Dinge setze ich aus der Physik als bekannt voraus.

Achter Vortrag.

Dioptrik, Schluss. Die Function der Iris. Der Augenspiegel.

Ich habe bereits mehrfach hervorgehoben, dass bei der Brechung des Lichtes durch sphärische Flächen ein scharfes Bild nur zu Stande kommt, wenn die von einem Punkte ausgehenden Strahlen sehr kleine Winkel mit einander und mit den Radien der brechenden Flächen bilden (vgl. oben S. 68). Deshalb ist bekanntlich an jedem complicirteren und genauen optischen Instrumente eine **Blende** — **Diaphrama** — angebracht, um die Randstrahlen abzublenden. Im Auge erfüllt diesen Zweck die **Iris.** Bei intensiv leuchtenden Objecten wird das Bild auf der Netzhaut um so deutlicher sein, je enger die Pupille, je vollkommener die Randstrahlen abgeblendet werden, welche die Vereinigung aller von einem Punkte ausgehenden Strahlen auf einem Punkte der Bildfläche hindern. Deshalb zieht sich die Pupille bei Betrachtung hell erleuchteter Objecte zusammen. Bei schwacher Beleuchtung dagegen ist die Pupille weit geöffnet. Daraus resultirt ein Nachtheil und ein Vortheil. Der Nachtheil besteht in der geringeren Schärfe des Bildes, der Vortheil in der grösseren Helligkeit desselben, in der stärkeren Erregung der percipirenden Netzhautelemente. Der Vortheil überwiegt. Deshalb sieht man die Pupille um so weiter sich öffnen, je dunkler die zu betrachtende Umgebung. Bei völliger Dunkelheit ist die Pupille enorm weit geöffnet. Davon hat man sich durch die Photographie mit Momentbeleuchtung überzeugt. — Die Pupille reagirt zwar auch auf Momentbeleuchtungen, aber nicht so rasch wie das Silbersalz auf der photographischen Platte.[1]) — Deshalb finden wir die

---

1) M. v. Vintschgau, Pflüger's Arch. Bd. 27, S. 94. 1882. S. Garten, Pflüger's Arch. Bd. 68, S. 68. 1897.

grössten Augen und die weitesten Pupillen bei den Thieren, die eine nächtliche Lebensweise führen. Ich erinnere nur an die Eulen.

Die Pupille verengt sich stets, wenn das Auge einen nahen Gegenstand fixirt. Das ist zweckmässig aus einem dreifachen Grunde: 1. fällt um so mehr Licht ins Auge, je näher der leuchtende Gegenstand heranrückt, 2. bilden die Randstrahlen um so grössere Winkel mit der Hauptaxe und mit den Radien der brechenden Flächen, 3. wird bei der Accommodation die Krümmung der Linsenflächen und damit die sphärische Aberration vermehrt. Deshalb ist die Innervation der Iris auf's Innigste verknüpft mit der Innervation der übrigen Muskeln, die bei der Betrachtung naher Gegenstände in Function treten: ich meine den Musculus ciliaris und die Recti interni. Wenn sich zum Fixiren eines nahen Gegenstandes die Recti interni contrahiren und die Augenaxen convergiren [1]), so accommodirt auch der Musculus ciliaris auf die Nähe, und die Iris contrahirt sich. Man kann dem Musculus ciliaris die Accommodationsarbeit ersparen durch eine passende Sammellinse und ebenso die Convergenz der Augenaxen durch Prismen überflüssig machen. Dann verengt sich auch beim Fixiren eines nahen Gegenstandes die Pupille nicht.

Eine Erklärung für diese innige Verknüpfung könnte man in der Thatsache suchen, dass ein und derselbe Nerv, der Oculomotorius, alle drei Muskeln innervirt. Nun ist aber die Iris wie der Ciliaris ein glatter Muskel, und soweit unsere Kenntniss reicht, werden die glatten Muskelfasern immer nur vom Sympathicus innervirt.[2]) Diese Regel erleidet auch hier keine Ausnahme. Die Oculomotoriusfasern gelangen nicht direct bis zu den glatten Muskeln der Iris und des Corpus ciliare; sie gehen nur in der kurzen Wurzel bis zum Ganglion ciliare; dort splittern sie sich auf zu Endbäumchen, welche die Ganglienzellen umspinnen, und von diesen sympathischen Ganglienzellen gelangen die Neuriten mit den Nervuli ciliares breves zu den glatten Muskelfasern der Iris und des Corpus ciliare. Das wurde von Apolant[3]) fol-

1) Die Function der äusseren Augenmuskeln soll zugleich mit der Anatomie dieser Muskeln studirt werden. Bei den meisten Studenten der Medicin erwacht das Interesse für diesen Gegenstand erst beim Studium der Pathologie, bei der Lehre vom Strabismus, vom Schielen. Deshalb übergehe ich hier dieses Kapitel und verweise auf die Handbücher der Augenheilkunde.

2) Vgl. unten Vortrag 21.

3) H. Apolant, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 47, S. 655. 1896.

gendermaassen bewiesen: er durchschnitt bei jungen Katzen den N. oculomotorius vor seinem Eintritt in den Sinus cavernosus und fand nach 8 bis 14 Tagen die Fasern immer nur bis zum Ganglion ciliare degenerirt. Dort beginnen also neue Neurone.

Ausser den Ringfasern der Irismusculatur, welche den Sphincter pupillae bilden und unter dem Einflusse des Oculomotorius stehen, nimmt man noch einen antagonistischen Dilatator pupillae an, radial gerichtete Fasern, die aber anatomisch noch nicht sicher nachgewiesen sind. Die Erweiterung der Pupille wird ausgelöst durch sympathische Fasern, deren Verlauf noch schwieriger zu verfolgen ist als der der Sphincterfasern. Theils gelangen die Fasern vom Plexus sympathicus der Carotis zum Ganglion ciliare, theils verlaufen sie anfangs in den Bahnen des ersten Astes vom Trigeminus und gelangen vom Nasociliaris als lange Wurzel zum Ganglion ciliare oder direct in den Nervuli ciliares longi zum Augapfel.

Reizt man den Grenzstrang des Sympathicus am Halse, so tritt Erweiterung der Pupille ein. Reizt man den Oculomotorius, so tritt Verengerung ein.

Durchschneidet man den Sympathicus am Halse, so verengert sich die Pupille; durchschneidet man den Oculomotorius, so erweitert sie sich. Die antagonistischen Muskeln der Iris befinden sich also in Folge einer beständigen centralen Erregung ihrer Nerven in einer ununterbrochenen leichten Contraction; sie sind „tonisch“ erregt.

Die Erregung der Irisnerven kann ferner von den verschiedensten Organen des Körpers aus reflectorisch[1]) und auch durch rein psychische Reize erfolgen. Alle die zahllosen Bahnen, auf denen die Reizübertragungen vor sich gehen, festzustellen und den anatomischen Zusammenhang der Centren der Irisdilatator- und der Irissphincternerven mit anderen Nervencentren zu erforschen, das ist noch lange nicht in befriedigender Weise gelungen.

Das Centrum des Oculomotorius liegt bekanntlich am Boden des Aquaeductus Sylvii und des dritten Hirnventrikels (Fig. 18, vgl. auch unten Vortrag 10 und 13) und zerfällt in mehrere weit auseinanderliegende Kerne. Da häufig bei Erkrankungen des Gehirns in dieser Gegend nur einzelne der vom Oculomotorius ver-

1) Ueber den Begriff des Reflexes vgl. unten Vortrag 14.

sorgten inneren und äusseren Augenmuskeln gelähmt werden, so hat man angenommen, dass die getrennten Kerne die Centren ganz bestimmter Muskeln seien, und versucht, aus dem Vergleiche der Sectionsbefunde mit den bei Lebzeiten beobachteten Lähmungen die Frage genau zu entscheiden, welcher Kern welchem Muskel entspreche. Eine sichere Entscheidung und Einigung der Autoren konnte bisher noch nicht erzielt werden.

Was nun diejenigen sympathischen Nerven betrifft, welche die Erweiterung der Pupille bewirken, so scheint es, dass auch diese ein Centrum im Gehirn oder Rückenmark haben müssen, von wo aus sie in ähnlicher Weise durch motorische Nerven beeinflusst werden, wie die pupillenverengenden sympathischen Fasern durch den Oculomotorius. Die Existenz jener motorischen Nerven hat Budge[1]) nachgewiesen, wenn auch ihr Centrum bis auf den heutigen Tag unbekannt geblieben ist. Budge zeigte, dass diese Fasern in den vorderen Wurzeln der beiden letzten Cervicalnerven das Rückenmark verlassen und mit den Rami communicantes zum Halssympathicus gelangen. Denn die elektrische Reizung jener Wurzeln bewirkt Pupillenerweiterung und ihre Durchschneidung Pupillenverengerung in derselben Weise wie die Reizung und Durchschneidung des Halssympathicus. Wo nun aber die Centren dieser motorischen Nerven im Rückenmark oder Gehirn zu suchen sind, darüber sind die Autoren trotz sehr zahlreicher Experimente noch nicht einig. Anatomisch konnte bisher noch nie ein solches Centrum nachgewiesen werden. Für seine Lage im Rückenmark scheinen gewisse pathologische Befunde zu spre-

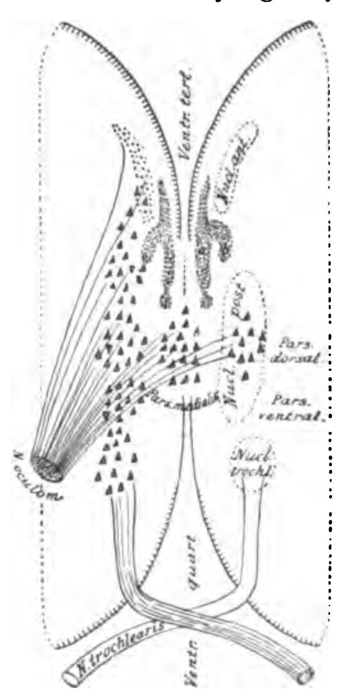


Fig. 18. Nach Edinger.

1) J. Budge, Ueber die Bewegung der Iris. Braunschweig 1855. S. 111. Vgl. von neueren Arbeiten L. Bach und Hans Meyer, Arch. f. Ophthalmologie. Bd. 55, S. 414. 1903. Dort auch die frühere Litteratur citirt.

chen, auf welche näher einzugehen mich hier viel zu weit führen würde.[1]) Es ist bei diesen pathologischen Befunden stets zu bedenken, dass es sich ebensowohl um Unterbrechungen von Leitungsbahnen handeln kann wie um Verletzungen von Centren.

Die Irismuskeln sind die einzigen glatten Muskeln an unserem Körper, deren Function wir direct mit den Augen beobachten können. Hier gewinnen wir einen unmittelbaren Einblick in das sonst so verborgene Spiel des sympathischen und des cerebrospinalen Nervensystems. Deshalb ist die Beobachtung der Iris von so *hohem diagnostischem Werthe* und wird es in Zukunft noch mehr werden in dem Maasse, als unsere Kenntnisse von dem Bau des Nervensystems, von der Lage der Centren und dem Verlauf der Reflexbahnen fortschreiten. Es muss daher interessiren, das Wenige kennen zu lernen, was wir schon heutzutage über die reflectorische Beeinflussung der Irismusculatur wissen:

Die schon erwähnte reflectorische Verengerung der Pupille durch das Licht wird durch den Opticus vermittelt. Der Thierversuch lehrt, dass auch die Reizung des Opticusstammes die Pupillenverengerung hervorruft. Nach Durchschneidung des Oculomotorius bleibt diese Wirkung aus. Das primäre Opticuscentrum (vergl. unten Vortrag 13) und das Oculomotoriuscentrum liegen nahe bei einander. Eine kurze Nervenleitung würde genügen, den Reflexbogen zu schliessen. Anatomisch nachgewiesen aber sind die Fasern nicht, welche die beiden Kerne verknüpfen. Die bereits erwähnte tonische Erregung des Oculomotorius beruht auf einer tonischen Erregung des Opticus. Denn nach vorhergegangener Durchschneidung des Opticus bewirkt die Durchschneidung des Oculomotorius keine Pupillenerweiterung mehr. Fällt ein Lichtreiz nur auf das eine Auge, so contrahirt sich nicht blos die Pupille dieses Auges, sondern stets auch in gleichem Maasse die Pupille des anderen Auges, auch wenn dieses letztere

---

1) Ich verweise auf die Arbeit von Rieger u. v. Forster, „Auge und Rückenmark". Gräfe's Arch. f. Ophthalmologie. Jahrg. 27. Abth. III, S. 109. 1881. Dort findet sich die sehr umfangreiche Litteratur über diese Frage zusammengestellt. Von den neuesten Arbeiten hebe ich hervor: Gustav Wolff, Arch. f. Psychiatrie. Bd. 32, Hft. 1. 1899 und Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkunde Bd. 21, S. 247. 1902.

volkommen gegen den Lichtreiz geschützt ist. Deshalb sind in der Norm die Pupillen des Menschen[1]) stets gleich weit. Eine ungleiche Weite der beiden Pupillen hat daher oft eine wichtige Bedeutung für die Diagnose gewisser Gehirnerkrankungen, es sei denn, dass die ungleiche Weite durch die Einträufelung von Atropin oder anderen Giften ins Auge bewirkt worden ist, worauf ich gleich noch näher werde einzugehen haben.

Die Bedeutung der reflectorischen Einwirkung des Lichtes auf den Pupillensphincter besteht, wie erwähnt, in der dadurch bedingten grösseren Schärfe des Netzhautbildes, ausserdem aber noch in dem Schutze der Netzhaut gegen zu intensive Beleuchtung.

Antagonisten des Opticus bei der reflectorischen Iriserregung sind alle sensiblen Hautnerven und alle Nerven, welche die Schmerzempfindung vermitteln. Die Erregung aller dieser Nerven bewirkt Erweiterung der Pupille. Die Bedeutung dieses Reflexes ist noch nicht aufgeklärt.[2])

Starke Muskelanstrengungen, insbesondere starke Athembewegungen sind gleichfalls mit Pupillenerweiterung verbunden.

Verengert ist dagegen die Pupille im Schlafe.

Sehr eingehend studirt ist schliesslich die Einwirkung gewisser Gifte auf die Function der Irismusculatur. Man bezeichnet die pupillenerweiternden Gifte als Mydriatica, die verengernden als Miotica. Die praktisch wichtigsten Mydriatica sind das Atropin, das Homatropin, das Hyoscyamin, das Cocain; die bekanntesten Miotica das Eserin, das Pilocarpin, das Morphin, das Nicotin, das Muscarin.

Das Atropin hebt die Thätigkeit des Sphincter iridis auf und zugleich die des Ciliarmuskels: die Pupille ist erweitert, die Accommodation aufgehoben. Das Auge ist auf die Ferne eingestellt. Die Ursache ist nicht eine Lähmung der Nervencentren im Gehirn. Das folgt aus der Thatsache, dass die erwähnten Symptome nach Einträufelung des Giftes in das eine Auge nur auf dieses eine Auge beschränkt bleiben. Würde das Gift, nach

1) Dieses gilt, wie E. Steinach (Centralbl. f. Physiol. 1887. S. 105) nachgewiesen hat, nur vom Menschen und denjenigen Thieren, bei welchen eine theilweise Kreuzung der Optici im Chiasma statt hat, nicht aber von den Thieren mit vollständiger Kreuzung. Vgl. unten Vortrag 10.

2) Einen Versuch zur Erklärung der Bedeutung, der Zweckmässigkeit dieses Reflexes haben Rieger und v. Forster gemacht. l. c. S. 192.

der Resorption vom Auge aus mit dem Blute dem Gehirn zugeführt, dort die Oculomotoriuscentren lähmen, so müssten beide Augen von den Lähmungssymptomen betroffen werden. Reizt man elektrisch den Oculomotorius oder die Ciliarnerven[1]) des atropinisirten Auges, so tritt keine Verengerung des Sphincter iridis ein. Man könnte daher vermuthen, die Muskelfasern des Sphincter seien gelähmt. Dagegen aber spricht die folgende von Bernstein und Dogiel[2]) beobachtete Thatsache. Sie reizten elektrisch direct den Muskel, indem sie auf die Cornea in der Nähe des inneren Randes der Iris vier kleine Elektroden setzten, von denen je zwei einander diametral gegenüber standen. Jetzt trat, wenigstens in einigen Fällen, die Contraction des Sphincter ein. Nur bei starker Atropinisirung scheint auch der Muskel gelähmt zu werden. Nach Analogie dessen, was wir von anderen Giften wissen, z. B. vom Curare (s. unten Vortrag 22), müssen wir vermuthen, dass das Atropin zunächst die Nervenendapparate in den glatten Muskeln lähme.

Die Wirkung des Cocaïn ist von der des Atropin gänzlich verschieden. Das Cocaïn lähmt weder den Sphincter iridis noch seine Nerven. Denn die durch Cocaïn erweiterte Pupille verengert sich noch auf Lichtreize und bei der Accommodation. Man vermuthet daher, dass das Cocaïn auf den Dilatator reizend wirke.

Bei der Anwendung der Mydriatica zu diagnostischen Zwecken zieht man das Cocaïn und das Homatropin dem Atropin vor, weil die Wirkung der ersteren weit rascher vorübergeht. Bei den gewöhnlich zur Einträufelung angewandten Dosen dauert die Atropinwirkung etwa 8 Tage, die des Homatropin etwa einen Tag und die des Cocaïn nur einige Stunden.

Von den zu therapeutischen Zwecken am häufigsten angewandten Mioticis wirkt das Eserin oder Physostigmin durch directe Erregung der Muskelfasern des Sphincter iridis und des Ciliaris, das Pilocarpin durch vorübergehende Erregung der Nervenendigungen in diesen Muskeln. Näher auf die Wirkung aller Miotica und Mydriatica einzugehen, würde mich viel zu weit führen. Die Giftwirkungen auf das Auge können mit Erfolg nur studirt werden im Zusammenhange mit der Wirkung derselben Gifte auf alle Theile des Nerven- und Muskelsystems

1) C. Völckers u. V. Hensen, Centralbl. f. d. med. W. 1866. S. 721.

2) J. Bernstein u. J. Dogiel, Centralbl. f. d. med. W. 1866. S. 453.

und im Vergleiche mit der Wirkung anderer Gifte. Ich verweise deshalb auf die Handbücher der Toxikologie.

Wir haben jetzt das Wesentlichste über die Gesetze der Dioptrik kennen gelernt. Wir haben gesehen, wie das Netzhautbild zu Stande kommt. Bevor wir nun aber dieses Kapitel verlassen, wird es zweckmässig sein, einen diagnostisch wichtigen Apparat zu besprechen, für den man ohne Kenntniss der Dioptrik ein Verständniss nicht gewinnen kann, einen Apparat, der in der Augenheilkunde eine neue Aera begründet hat — ich meine den von Helmholtz[1]) erfundenen **Augenspiegel.** Zwar wird dieser Apparat in der Ophthalmologie ausführlich besprochen und seine Anwendung kann nur in besonderen praktischen Cursen erlernt werden, es ist aber dennoch auch für den Anfänger zweckmässig, wenigstens mit dem Principe dieses Apparates sich vertraut zu machen gleich im Zusammenhange mit dem ersten Studium der Dioptrik.

Der Augenspiegel oder das Ophthalmoskop hat den Zweck, den Augenhintergrund, die Retina und ihre Gefässe, den Sehnerveneintritt, die Macula lutea etc. am lebenden Auge sichtbar zu machen. Figur 1 auf der Taf. I zeigt uns dieses Bild, wie es bei der Untersuchung des normalen Auges erhalten wird. Die rothe Farbe rührt von dem Blute der Netzhaut her.

Die Schärfe und Deutlichkeit des vergrösserten Bildes gestattet pathologische Veränderungen aller Art in der Netzhaut zu erkennen. Da, wie die Entwicklungsgeschichte lehrt, die Netzhaut ein Theil des Gehirnes ist, so kann man in gewissen Fällen aus Veränderungen an der Netzhaut auch auf pathologische Zustände des Gehirns schliessen. Es muss deshalb nicht nur den Augenarzt, sondern jeden Arzt interessiren, die Einrichtung des Augenspiegels kennen zu lernen.

Um den Augenhintergrund eines lebenden Auges zu sehen, müssen zunächst die folgenden zwei Bedingungen erfüllt sein:

1. Die Axe des untersuchten und die des beobachtenden Auges müssen nahezu zusammenfallen.

2. In der Richtung dieser gemeinsamen Axe muss Licht in das untersuchte Auge fallen.

---

1) H. Helmholtz, „Beschreibung eines Augenspiegels zur Untersuchung der Netzhaut eines lebenden Auges". Berlin 1851.

Diese zweite Bedingung kann für gewöhnlich nicht erfüllt werden, weil der Kopf des Beobachters das einfallende Licht abhält, und weil insbesondere von der dunkeln Pupille des Beobachters kein Licht ausgeht, somit auch kein Licht in sie zurückkehren kann. Deshalb muss der folgende Kunstgriff angewandt werden. Das Licht einer seitlich von der gemeinsamen Augenaxe befindlichen Flamme *F* (Fig. 19) wird durch einen, in der Mitte mit einem kleinen Loche versehenen Spiegel *SS* in der Richtung der Axe in das untersuchte Auge *U* reflectirt. Dadurch wird der Augenhintergrund diffus beleuchtet. Jeder Punkt des Hintergrundes wird zu einem leuchtenden Objectpunkt. Von diesem gehen die Lichtstrahlen denselben Gang zum Auge hinaus wie beim Eintritt in das Auge. Bildpunkt und Objectpunkt können

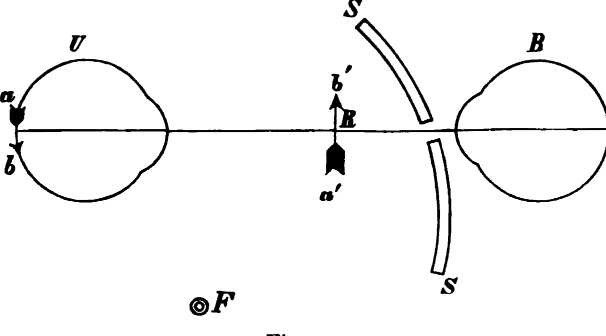


Fig. 19.

bekanntlich an jedem dioptrischen Apparate vertauscht werden (vgl. oben S. 70). Ist das untersuchte Auge *U* kurzsichtig und nicht accommodirt, so muss von dem Augenhintergrunde ein reelles umgekehrtes, vergrössertes Bild auf der Ebene entstehen, die man sich durch den Fernpunkt *R* (Punctum remotum) des Auges gelegt denken kann, weil ja umgekehrt ein im Fernpunkte befindliches Object *b' a'* ein scharfes umgekehrtes Bild *a b* auf der Netzhaut entwirft (vgl. oben S. 92). Das in der durch *R* gelegten Ebene befindliche, in der Luft schwebende, vergrösserte und umgekehrte Netzhautbild kann nun das beobachtende Auge *B* sehen, wenn es auf dieses Object eingestellt, accommodirt ist — nöthigenfalls mit Hülfe eines Convexglases.

Ist das untersuchte Auge *U* emmetropisch oder hypermetropisch, so können die von jedem Netzhautpunkte parallel oder diver-

gent herauskommenden Strahlen durch passende Convexgläser vereinigt werden; es wird so wiederum ein reelles Bild zu Stande gebracht, welches von dem Auge *B* ebenso betrachtet werden kann, wie das in *R* befindliche Netzhautbild des Myopen.

Diese Art der Anwendung des Augenspiegels bezeichnet die Augenheilkunde als „Untersuchung im umgekehrten Bilde". Die zweite Art der Untersuchung, die „Untersuchung im aufrechten Bilde" besteht darin, die aus dem untersuchten Auge hervortretenden Strahlen nicht zu einem reellen Bilde zwischen beiden Augen sich vereinigen zu lassen, sondern direct mit dem Auge des Beobachters aufzufangen und erst auf seiner Netzhaut zum Bilde zu sammeln. Der Beobachter sieht so die aufrechte, vergrösserte Netzhaut des Untersuchten. Sind der Untersuchte und der Beobachter beide emmetropisch und sind ihre Augen in Ruhe — nicht accommodirt, sondern auf die Ferne eingestellt —, so müssen die von jedem Punkte der Netzhaut des Untersuchten kommenden Strahlen parallel aus dem Auge hervortreten, parallel in das Auge des Beobachters gelangen und dort auf einem Punkte der Netzhaut vereinigt werden. Ist das Auge des Untersuchten myopisch oder hypermetropisch, so können durch passende Concav- oder Convexgläser die austretenden, convergenten oder divergenten Strahlenbündel parallel gemacht werden. Deshalb ist der Augenspiegel auch ein Mittel, die Art und den Grad der Ametropie zu diagnosticiren. Das schwächste Concavglas — respective das stärkste Convexglas —, mit welchem das Auge des Untersuchten corrigirt werden muss, damit das emmetrope, ruhende Auge des Beobachters ein deutliches Netzhautbild wahrnehme, giebt den Grad der Myopie, resp. der Hypermetropie des Untersuchten an (vgl. oben S. 92 und 94). Ist der Beobachter selbst ametropisch oder accommodirt er unwillkürlich bei der Annäherung an das untersuchte Auge, so muss selbstverständlich auch das Auge des Beobachters durch entsprechende Gläser corrigirt werden. Am Auge des Untersuchten kann nöthigenfalls die Accommodation auch mit Hülfe von Atropin ausgeschlossen werden. Das Auge des Beobachters muss bei der Untersuchung im aufrechten Bilde möglichst nahe an das Auge des Untersuchten heranrücken, um ein möglichst grosses Gesichtsfeld zu gewinnen, einen möglichst grossen Theil des Augenhintergrundes zu überschauen.

Ausser zur Bestimmung der Refractionsanomalien und zur Untersuchung des Augenhintergrundes wird der Augenspiegel auch benutzt zur Entdeckung und Ortsbestimmung von Trübungen in den Augenmedien. Die genauere Beschreibung aller dieser Anwendungen muss den Lehrbüchern der Augenheilkunde überlassen bleiben.

Neunter Vortrag.

Die Licht- und Farbenperception.

Die bisherigen Betrachtungen haben uns gezeigt, wie das Netzhautbild zu Stande kommt. Nun tritt die weitere Frage an uns heran: wie setzt die lebendige Kraft der Aetherwellen sich um in diejenige Form der Bewegung, welche das Wesen der Netzhaut- und Sehnervenfunctionen ausmacht, und wie kommt die getrennte Wahrnehmung der getrennten leuchtenden Punkte des Netzhautbildes zu Stande?

Vor allem müssen wir feststellen, auf welche histiologischen Elemente der Netzhaut die Aetherwelle zunächst einwirkt. Die Sehnervenfasern werden direct vom Licht nicht erregt. Es folgt das aus der Thatsache, dass der Theil des Augenhintergrundes, der nur Opticusfasern und keine anderen Netzhautelemente enthält, für das Licht ganz unempfänglich ist. Dieser Theil ist bekanntlich die Eintrittsstelle des Opticus, die Papilla nervi optici, die deshalb auch als der „blinde Fleck" bezeichnet wird. Die Unempfindlichkeit dieses Fleckes für das Licht lässt sich leicht demonstriren durch den folgenden Versuch, den bereits im 17. Jahrhundert der französische Physiker Mariotte angegeben hat. Man schliesse das linke Auge, fixire mit dem rechten das Kreuz auf der Fig. 20 und bringe die Figur in eine Entfernung von 25 cm vor das Auge; dann wird man die weisse Kreisfläche verschwinden sehen. Der schwarze Grund der Umgebung füllt die ganze Fläche aus. Das Bild des fixirten Kreuzes fällt auf die Fovea centralis. Die Papilla nervi optici des rechten Auges liegt links von der Fovea centralis. Deshalb muss wegen der Umkehrung des Netzhautbildes die rechts von dem Kreuze auf der Figur befindliche weisse Kreisfläche auf dem Netzhautbilde links von dem Kreuze zu liegen kommen und bei einer gewissen Entfernung der Figur vom Auge auf die Papilla nervi optici fallen.

Dass an die Stelle des weissen Fleckes die schwarze Farbe tritt, könnte nicht auffallen, wenn man annimmt, dass der Eindruck des Schwarzen nicht eine positive Empfindung ist, sondern nur die Negation, der Wegfall jeden Lichteindruckes. Diese Annahme wird jedoch bestritten (vgl. unten S. 128). Ausserdem aber kann man sich leicht überzeugen, dass bei dem Mariotte'schen Versuche auch ein schwarzer Fleck auf weissem Grunde verschwindet und durch Weiss ersetzt wird, ebenso ein schwarzer oder weisser Fleck auf farbigem Grunde und durch die Farbe des Grundes ersetzt wird. Diese Ausfüllung der Lücke mit der Farbe der Umgebung ist offenbar ein psychischer Process und lässt sich physikalisch nicht erklären.

Wenn also die Opticusfasern vom Lichte direct nicht erregt



Fig. 20.

werden, so müssen es irgend welche unter den übrigen histiologischen Elementen der Netzhaut sein, auf welche die Aetherwelle zunächst ihre Wirkung ausübt. Nach Analogie aller anderen Sinne müssen wir erwarten, dass es die Endglieder in der leitenden Neuronenkette seien, die Stäbchen und Zapfen (vgl. unten Vortrag 13). Für die Richtigkeit dieser Annahme spricht die Erscheinung der „Purkinje'schen Aderfigur“, das Sichtbarwerden des Schattenbildes der Netzhautgefässe im eigenen Auge. Die Retina besteht bekanntlich aus dreierlei Neuronen. Die Stäbchen- und Zapfenschicht ist frei von Blutgefässen. Die Gefässe verlaufen in denjenigen Schichten der Retina, welche den beiden anderen Neuronen entsprechen. Wenn die Schattenbilder der Blutgefässe percipirt werden sollen, so müssen sich die Blutgefässe zwischen der Lichtquelle und den percipirenden Elementen befinden. Deshalb ist es nicht zu bezweifeln, dass die hinter den Blutgefässen gelegene

Schicht der Netzhaut, die Stäbchen- und Zapfenschicht die Aderfigur percipirt und wahrscheinlich alle Lichteindrücke. Die lebende Netzhaut ist durchsichtig, und nichts hindert das Licht, auf die hinterste Netzhautschicht einzuwirken.

Wenn wir für gewöhnlich die Blutgefässe der eigenen Netzhaut nicht wahrnehmen, so erklärt sich das nach Helmholtz[1]) daraus, dass „die Empfindlichkeit der beschatteten Stellen der Netzhaut grösser, ihre Reizbarkeit weniger erschöpft ist als die der übrigen Theile der Netzhaut. Sobald wir aber den Ort des Schattens oder seiner Ausbreitung verändern, wird derselbe wahrnehmbar, weil die schwache Beleuchtung nun auf ermüdete, weniger reizbare Netzhautelemente fällt. Der reizbare, früher beschattete Theil der Netzhautelemente dagegen wird nun zum Theil von vollem Licht getroffen und empfindet dies stärker". Wir nehmen deshalb das Schattenbild der Aderfigur wahr, wenn wir das Licht in einer solchen Richtung ins Auge treten lassen, dass die Schatten der Blutgefässe auf ungewohnte Theile der Stäbchen- und Zapfenschicht fallen. Der Versuch wird am einfachsten so ausgeführt, dass man in einem sonst dunklen Zimmer ein Licht seitlich vom Auge oder unterhalb desselben hin und her bewegt. Dann sieht man im Gesichtsfelde des Auges das Schattenbild der Netzhautgefässe auftauchen, welche dieselbe Gestalt haben, wie auf dem ophthalmoskopischen Bilde. (Siehe Fig. 1 Taf. I.)

Für die Richtigkeit der Annahme, dass die Stäbchen- und Zapfenschicht das Licht percipirt, spricht ferner die Thatsache, dass im empfindlichsten Theil der Netzhaut, in der Fovea centralis alle übrigen Elemente zurücktreten und die Zapfenschicht vorwiegt.

Wenn es also feststeht, dass die Stäbchen und Zapfen zuerst vom Lichte erregt werden, so frage ich weiter: wie kommt diese Erregung zu Stande? Die nächstliegende und einfachste Annahme wäre die, dass die schwingenden Aetheratome ihre Bewegung unmittelbar übertragen auf die Moleküle der Stäbchen und Zapfen und dass sich diese Schwingungen weiter fortpflanzen durch die ganze Leitung der 5 Neurone bis zur Hirnrinde, etwa so wie ein wägbarer Körper durch Lichtstrahlen erwärmt wird, indem sich die lebendige Kraft der Aetherwelle umsetzt in diejenigen Schwin-

1) Helmholtz, l. c. S. 197 u. 198.

gungen der wägbaren Atome, die wir als Wärme bezeichnen. Dagegen aber spricht alles, was wir über die Nervenfunctionen wissen.[1]) Der normale Reiz, welcher die Nervenendigungen trifft, ist viel zu schwach, um sich bis zur Hirnrinde fortzupflanzen. Wir müssen annehmen, dass der erste Reiz der Aussenwelt, in unserem speciellen Falle die Aetherwelle, nur den Anstoss giebt zur Umsetzung der im Nervengewebe aufgespeicherten chemischen Spannkräfte in diejenige Form der lebendigen Kraft, der molecularen Bewegung, welche das Wesen der Nervenleitung ausmacht. In der Netzhaut aber scheint der Process der Erregung noch complicirter zu sein als bei anderen Sinnesorganen, es scheinen noch mehr Zwischenglieder eingeschaltet zu sein zwischen den ersten Anstoss der Aetherwelle und den Process der Nervenleitung. Dafür spricht die auffallende Langsamkeit, mit der die Erregungen der Netzhaut verlaufen. Zwei auf einander folgende Tasteindrücke kann man noch als getrennt erkennen, wenn sie nur um $\frac{1}{1000}$ Secunde von einander getrennt sind[2]), zwei Schalleindrücke noch bei $\frac{1}{60}$ Secunde Differenz.[3]) Unter verschiedenen Bedingungen werden natürlich sehr verschiedene Zahlen gefunden und es liegt bereits eine sehr umfangreiche Litteratur über diesen Gegenstand vor. Jedenfalls aber werden für den Gesichtssinn die Zeiten, welche zwei Reize von einander trennen müssen, damit sie getrennt wahrgenommen werden, stets weit länger gefunden. Wird hinter ein Loch an der Peripherie einer rotirenden Scheibe eine glühende Kohle gestellt, so verschwindet das Bild der Kohle beim Drehen der Scheibe nicht mehr, sobald die Scheibe mehr als 7 Umdrehungen in der Secunde macht. Sobald also das Zeitintervall zwischen den beiden Lichteindrücken weniger als $\frac{1}{7}$ Secunde beträgt, verschwimmen die beiden Eindrücke.

Dieser träge Verlauf der Gesichtsempfindungen schien eine Erklärung zu finden in der Entdeckung, dass die Netzhautbilder vermöge einer lichtempfindlichen Substanz auf der Stäbchenschicht

1) Vgl. unten Vortrag 22.
2) v. Wittich, Pflüger's Arch. Bd. 2, S. 329. 1869.
3) E. Mach, Sitzungsber. d. Wien. Ak. Bd. 51. 1865.

fixirt, gleichsam photographirt würden, bevor der Anstoss zur Erregung der Nervenleitung von ihnen ausgehen könnte. Im Jahre 1876 entdeckte der Histiologe Franz Christian Boll[1]) einen rothen Farbstoff, den „Sehpurpur" in den Aussengliedern der Stäbchen. Dieser Farbstoff war bis dahin der Beobachtung entgangen, weil er im Lichte sehr vergänglich ist. Im Dunkeln erhält er sich auch nach dem Tode und kann deshalb bei gewisser Beleuchtung — z. B. im Natriumlichte — untersucht werden. Mit Gallensäuren lässt er sich extrahiren und in Lösung bringen. Kühne[2]) fand, dass man vermöge dieses lichtempfindlichen Sehpurpurs auf der Netzhaut förmlich photographiren könne.

Man glaubte anfangs mit dieser Entdeckung einer Erklärung der Gesichtswahrnehmungen um einen wesentlichen Schritt näher gerückt zu sein. Die Thatsache aber, dass der Sehpurpur gerade auf dem empfindlichsten Theile der Netzhaut, auf der Fovea centralis gewisser Thiere und des Menschen vollkommen fehlt[3]), brachte wieder von dem Gedanken ab, dass dieser Farbstoff die Lichtperception vermittele. Es wäre jedoch möglich, dass die Zapfen einen ebenso lichtempfindlichen Stoff enthalten wie die Stäbchen, dass dieser Stoff aber unserer Beobachtung entgehe, weil weder er selbst noch seine bei der Lichteinwirkung auftretenden Spaltungsproducte gefärbt sind. Es ist sehr wohl denkbar, dass auf den Zapfen wie auf den Stäbchen ein chemischer Zersetzungsprocess der Erregung des leitenden Nervenapparates vorausgehen müsse und dass sich daraus die Trägheit im Verlaufe der Gesichtsempfindungen erkläre.

Den trägen Verlauf der Gesichtsempfindungen erkennt man am einfachsten und deutlichsten an der bekannten Erscheinung der **Nachbilder.** Betrachten wir einen hellen Gegenstand und schliessen darauf die Augen, so sehen wir das Bild des hellen Gegenstandes noch längere Zeit deutlich vor unseren Augen. Beim Herumschwingen einer glühenden Kohle sehen wir einen feurigen Kreis.

1) F. Ch. Boll, Berliner Monatsber. 12. Nov. 1876. Accad. dei Lincei. 3. Dec. 1876. Du Bois' Arch. 1877. S. 4.

2) W. Kühne's Untersuchungen finden sich von ihm zusammengefasst in Hermann's Handb. d. Physiol. Bd. III. Th. I. Leipzig, Vogel. 1879. S. 235—343.

3) W. Kühne, Unt. d. physiol. Inst. d. Un. Heidelberg. Bd. III. Heft 1 u. 2. 1882; Bd. IV. Heft 3. 1882.

Die Erscheinung der Nachbilder stimmt sehr gut zu der Hypothese, dass das Netzhautbild eine Photographie auf der Stäbchen- und Zapfenschicht zurücklasse. Würden die Nachbilder durch eine fortdauernde Erregung der Centralorgane im Gehirn hervorgebracht, so könnten sie sich bei der Bewegung der Augen nicht mitbewegen. Thatsächlich aber kann sich Jeder leicht davon überzeugen, dass die Nachbilder allen Bewegungen der Augen folgen.

Eine Anwendung findet die Erscheinung der Nachbilder in der hübschen und interessanten Spielerei, die man als Stroboskop oder Thaumatrop bezeichnet und die bekanntlich in neuester Zeit durch die Momentphotographien und Serienaufnahmen, die sogenannten Kinematographen, eine überraschende Vervollkommnung erfahren hat.

Fragen wir nun schliesslich nach der Bedeutung dieses trägen Verlaufes der Lichteindrücke, nach dem Nutzen, der dem Gesammtorganismus daraus erwächst, so ist er vielleicht in Folgendem zu finden. *Wir können uns bei der Sinneswahrnehmung nicht rein passiv verhalten.* Es genügt nicht, einen Eindruck von der Aussenwelt zu empfangen. Wir müssen unsere Aufmerksamkeit auf diesen Eindruck, auf die Empfindung richten, um sie zu verwerthen, mit früheren Eindrücken, mit Erinnerungsbildern zu associiren und weiter zu Urtheilsbildungen zu verarbeiten. Häufig aber wirkt ein Object auf uns ein in einem Momente, wo unsere Aufmerksamkeit anderweitig absorbirt ist. Das Object würde völlig unbemerkt an uns vorübergehen, wenn nicht der Eindruck noch längere Zeit fortwirkte, so dass wir im Stande sind, noch nachträglich die Aufmerksamkeit darauf zu richten. Gerade beim Gesichtssinn erscheint das längere Fortwirken des Eindruckes als zweckmässig, weil die Gesichtseindrücke die complicirtesten sind, und die Aufmerksamkeit länger auf sie gerichtet bleiben muss als bei anderen Sinneseindrücken, um sie vollständig zu verwerthen und auszunutzen.

Wir haben bisher immer nur vom Licht im Allgemeinen geredet und dabei wohl hauptsächlich an das Sonnenlicht und überhaupt an das weisse Licht gedacht. Sie wissen nun aber, dass das weisse Licht durch ein Prisma zerlegt werden kann in Licht von verschiedener Brechbarkeit und Wellenlänge. Dieses verschiedene Licht ist, soweit es für unser Auge direct erkennbar ist, farbig von der Fraunhofer'schen Linie *A* bis *L* (Fig. 2

Taf. I). Jenseits *L* nimmt die Helligkeit rasch ab, und die Strahlen sind unter gewöhnlichen Bedingungen nicht sichtbar; wohl aber kommen sie als mattes, violetes — nach Angabe anderer Autoren „lavendelgraues" — Licht zum Vorschein, wenn man den hellen Theil des Spectrum abblendet. Noch leichter kann man bekanntlich diesen ultravioleten Theil zu Gesicht bekommen mit Hülfe fluorescirender Körper.

Auch vom anderen Ende des Spectrum, von den rothen Strahlen jenseits von *A* kann man noch einen ganz kleinen Theil schwach sichtbar machen, wenn man die helleren Strahlen abblendet, aber es ist sehr wenig, was man noch wahrnehmen kann. Was hinzukommt, hat etwa die Breite von *AB*. Der Farbenton bleibt schwach roth.

Dass wir das stärker brechende Ende des Sonnenspectrum wirklich bis zur Grenze sehen, geht aus dem folgenden Versuche des englischen Physikers Stokes hervor. Elektrisches Kohlenlicht giebt, durch Quarzapparate auf einen fluorescirenden Schirm geworfen, ein noch viel längeres ultravioletes Spectrum als das Sonnenlicht, und auch dieses ist noch sichtbar.

Aus der Physik ist bekannt, wie man die Existenz des ultrarothen Spectrum an den Wärmewirkungen erkennt. Dieses unsichtbare ultrarothe Spectrum ist fast ebenso lang wie das unmittelbar und deutlich sichtbare; die Fraunhofer'sche Linie *B* liegt ungefähr in der Mitte zwischen *H* und den äussersten dunklen Wärmestrahlen.

Die Wellenlängen der Lichtstrahlen in den erwähnten Abschnitten des Spectrum stehen in den folgenden Zahlenverhältnissen zu einander:

Aeusserste Wärmestrahlen	4800	Milliontel	Millimeter
Rothe Strahlen bei *A*	761	"	"
Violete Strahlen bei *L*	380	"	"
Ultraviolete Strahlen bei *R*	309	"	"

Das unmittelbar und deutlich sichtbare Spectrum zwischen *A* und *L* umfasst also nur eine einzige Octave, das ganze Sonnenspectrum fast genau 4 Octaven — $300 \cdot 2^4 = 4800$ —. Die Schallwellen, die unser Ohr wahrnimmt, umfassen, wie Sie sich erinnern (vgl. oben S. 58), 11 Octaven.

Dass das Perceptionsvermögen des Auges auf eine einzige

Octave der Aetherwellen beschränkt bleibt, ist eine sehr zweckmässige Einrichtung. Wären die ultravioleten und ultrarothen Strahlen sichtbar, so wäre die „chromatische Aberration" (vgl. oben S. 99) viel zu gross; jeder Bildpunkt wäre mit einem weiten farbigen Zerstreuungskreise umgeben; das Bild wäre undeutlich und verschwommen.

Ueber den Grund für die Unsichtbarkeit der ultrarothen Strahlen ist viel gestritten worden.[1]) Sind die Augenmedien für diese Strahlen undurchgängig, oder ist die Netzhaut gegen sie unempfindlich? Der Streit scheint sich zu Gunsten der letzteren Ansicht zu entscheiden. Die Augenmedien lassen zwar wie das Wasser, das ihren Hauptbestandtheil ausmacht, die Wärmestrahlen nur unvollkommen hindurch; ein Theil derselben aber scheint doch die Netzhaut zu erreichen. Dieselbe muss also unempfindlich für die Wärmestrahlen sein.

Die erwähnte Thatsache, dass die ultravioleten Strahlen durch fluorescirende Körper deutlich sichtbar gemacht werden, ist insofern von hohem physiologischen Interesse, als sie beweist, *dass der Grad der Helligkeit nicht nur bedingt ist durch die lebendige Kraft der Aetherwelle, sondern auch durch die Wellenlänge.* Denn die lebendige Kraft kann durch einen fluorescirenden Körper nicht vermehrt werden. Das würde dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft widersprechen. Der fluorescirende Körper vermag nur Licht von bestimmter Wellenlänge in solches von einer anderen, meist grösseren Wellenlänge umzuwandeln. Wir müssen im Einklange mit der erwähnten Hypothese von der Anwesenheit einer lichtempfindlichen Substanz in den Zapfen unserer Netzhaut vermuthen, dass diese Substanz von den verschiedenen sichtbaren Lichtstrahlen mit verschiedener Leichtigkeit zersetzt wird, und dass diejenigen Lichtstrahlen unserem Auge als die hellsten erscheinen, welche die lichtempfindliche Substanz der Netzhaut am leichtesten zersetzen. Das Maximum der lebendigen Kraft in den Aetherwellen des Spectrum befindet sich jenseits des Roth, wie die Untersuchung mit einer berussten Thermometerkugel oder mit einer Thermosäule in verschiedenen Theilen des Spectrum

1) Als neuere Arbeiten aus der umfangreichen Litteratur seien erwähnt: R. Franz, Poggend. Ann. Bd. 115, S. 266. 1862 u. Th. Engelmann, Onderz. ged. in het physiol. Laborat. te Utrecht. 3de Reeks D. VII. Bl. 291. 1882.

lehrt. Das Maximum der Helligkeit für unser Auge dagegen findet sich im Gelb und Grün. Diese Thatsache könnte uns vielleicht der Lösung der Frage auf die Spur bringen, was für Substanzen es seien, deren Zersetzung den Process des Sehens einleitet. Diejenigen Lichtstrahlen, welche das Maximum einer chemischen Zersetzung bewirken, sind für verschiedene Stoffe sehr verschiedene. In der Photographie, bei der Zersetzung der Silbersalze sind bekanntlich die im sichtbaren Violet zwischen *G* und *H* befindlichen Strahlen die wirksamsten. Im Lebensprocesse der Pflanzen sind es die rothen Strahlen bei *C* im Sonnenspectrum, welche am wirksamsten den Sauerstoff abspalten.[1] Bei der Zersetzung des aus den Stäbchen der Netzhaut extrahirten „Sehpurpurs" erweisen sich die gelbgrünen Strahlen als die wirksamsten.[2] Die Röntgen'schen Strahlen sind ohne Einwirkung auf den Sehpurpur, und es erklärt sich daraus vielleicht ihre Unsichtbarkeit.[3]

Wie sich das weisse Licht in die Farben des Spectrum zerlegen lässt, so kann auch umgekehrt durch Vereinigung aller Farben wiederum weisses Licht hervorgebracht werden. Um den Eindruck des weissen Lichtes zu empfangen, ist es nicht einmal nöthig, dass alle farbigen Strahlen gleichzeitig auf dieselbe Stelle der Netzhaut einwirken; es genügt, wenn die Einwirkung auf dieselbe Stelle rasch nach einander erfolgt, wie man bekanntlich mit Hülfe des Farbenkreisels demonstriren kann. Es erklärt sich das aus der erwähnten Erscheinung der Nachbilder (vgl. oben S. 116). Der Eindruck Weiss kann aber auch durch gleichzeitige oder rasch auf einander folgende Einwirkung von blos zwei Farben hervorgebracht werden. Ein solches Farbenpaar, das zusammen Weiss giebt, nennen wir **Complementärfarben.** Diese sind:

Roth und Grünlichblau.
Orange und Cyanblau.
Gelb und Indigblau.
Grünlichgelb und Violet.

Man sieht, dass in dem Maasse, wie die eine Farbe vom rothen zum violeten Ende des Spectrum fortschreitet, auch die

1) Th. W. Engelmann, Pflüger's Arch. Bd. 27, S. 485. 1882.
2) W. Kühne, Hermann's Handb. d. Physiol. Bd. III, S. 279. 1879.
3) S. Fuchs u. A. Kreidl, Centralbl. f. Physiol. Bd. X, S. 249. 1896.

Complementärfarbe sich in derselben Richtung fortbewegt. Man könnte deshalb erwarten, dass die Wellenlängen der Complementärfarben in einem bestimmten einfachen Zahlenverhältniss zu einander ständen, wie in der Musik die Wellenlängen der harmonirenden Töne. Das ist aber nicht ganz genau der Fall. Das Verhältniss der Wellenlängen complementärer Farben schwankt zwischen der Quarte (3:4) und der kleinen Terze (5:6). Das Grün des Spectrums hat im Spectrum keine Complementärfarbe, sondern vereinigt sich zu Weiss mit dem Purpur, einer Farbe, die durch gleichzeitige Einwirkung der rothen und violeten Strahlen des Spectrum auf unser Auge entsteht.

Die Mischung[1]) nicht complementärer Farben ergiebt Folgendes:

	Violet	Indigoblau	Cyanblau	Blaugrün	Grün	Grüngelb	Gelb
Roth	Purpur	dk. Rosa	wss. Rosa	weiss	wss. Gelb	Goldgelb	Orange
Orange	dk. Rosa	wss. Rosa	weiss	wss. Gelb	Gelb	Gelb	
Gelb	wss. Rosa	weiss	wss. Grün	wss. Grün	Grüngelb		
Grüngelb	weiss	wss. Grün	wss. Grün	Grün			
Grün	wss. Blau	Wasserblau	Blaugrün				
Blaugrün	Wasserblau	Wasserblau					
Cyanblau	Indigoblau						

Mischt man mehr als zwei homogene Spectralfarben, so treten keine qualitativ neuen Farbenerscheinungen mehr auf. Je mehr complementäre Farben in einer Mischung vorhanden sind, desto mehr erscheint die resultirende Farbe als mit Weiss gemischt. Wir nennen solche mit Weiss gemischten Farben *ungesättigt* im Gegensatze zu den *gesättigten* Farben, wie sie bei vollständiger Zerlegung des Weiss im Spectrum auftreten. Für gewisse ungesättigte Farben haben wir auch besondere Namen. So nennen wir ein ungesättigtes Violet Lila, einen ungesättigten Purpur Rosa, ein ungesättigtes Roth Fleischfarben. Die am meisten gesättigten Farben sind selbstverständlich die Spectralfarben.

Wir unterscheiden also an den Farben Dreierlei: 1. den *Farbenton*, 2. die *Helligkeit* und 3. die *Sättigung*.

Die obige Tabelle zeigt, dass dieselbe Mischfarbe aus sehr verschiedenen Farben zusammengesetzt sein kann, und auch das

1) Eine Beschreibung und Abbildung der Apparate zum Mischen der Spectralfarben findet sich in jedem Lehrbuche der Physik.

geübteste Auge vermag nicht anzugeben, aus welchen Farben eine Mischung entstanden ist. In dieser Hinsicht ist das Ohr dem Auge weit überlegen. Aus verschiedenen Tönen zusammengesetzte Accorde erscheinen dem Ohr niemals als identisch, und ein geübtes Ohr vermag jeden Accord in die componirenden Töne zu zerlegen. Die Fähigkeit des Ohres, gleichzeitig einwirkende Schalleindrücke zu analysiren, geht sehr weit. Wenn zum Beispiel in einer lärmenden Gesellschaft viele Personen gleichzeitig reden, und dabei ein volles Orchester spielt, so können wir die Worte jedes einzelnen Redners verstehen und zugleich jedes Instrument aus dem Orchester heraus erkennen und jeden Accord in seine Klänge und Töne zerlegen. Und wenn nun mitten in diesem Getöse ein Nachbar im Flüsterton uns etwas ins Ohr sagt, so können wir jede Silbe heraushören, in jeder Silbe die Klänge der Vocale und die Geräusche der Consonanten wahrnehmen und zugleich noch an dem Organ die Person erkennen, die zu uns redet. Diese wunderbare Fähigkeit des Analysirens hat das Auge nicht. Dafür aber besitzt das Auge eine Gabe, die dem Ohre abgeht, das räumlich neben einander Befindliche zu überschauen, zu vergleichen, zu ordnen. Die beiden Sinne ergänzen also einander auf das Schönste und Vollkommenste.

Die Complementärfarben haben noch weitere merkwürdige Eigenschaften. Setzt man sie neben einander, so steigern sie gegenseitig die Intensität ihres Eindruckes; sie erscheinen greller, leuchtender als jede einzelne für sich. Noch räthselhafter aber ist die Thatsache, dass ein farbiger Fleck auf weissem, grauem oder schwarzem Grunde uns zwingt, den Grund mit seiner Complementärfarbe gefärbt, unter Umständen grell und schön gefärbt, zu sehen. Erklärungen für diese Erscheinung sind oft versucht worden, auch rein psychologische Erklärungen — „Urtheilsverschiebungen", „Autosuggestion" etc. — eine befriedigende Erklärung aber konnte bisher nicht gefunden werden.

Von diesen Erscheinungen des sogenannten **„simultanen Contrastes"** sind streng zu scheiden die Erscheinungen des **„successiven Contrastes"**.[1]) Diese letzteren gehören in das Kapitel von

1) Die interessanten und überraschenden Erscheinungen des simultanen und successiven Contrastes sollen demonstrirt, nicht beschrieben werden. Diese

den **„negativen Nachbildern"**. Von den positiven Nachbildern habe ich bereits gesprochen (vgl. oben S. 116). Sehen wir eine Zeit lang, ohne die Augen zu bewegen, auf ein Fenster und schliessen darauf die Augen, so sehen wir das positive Nachbild, das dunkle Fensterkreuz mit den hellen Scheiben. Richten wir dagegen die Augen auf eine weisse Fläche, so sehen wir das negative Nachbild, das helle Kreuz mit den dunklen Scheiben. Haben wir irgend ein farbiges Object eine Zeit lang fixirt und blicken dann auf eine weisse Fläche, so sehen wir das Bild des Objectes in den complementären Farben. Diese Erscheinung bezeichnet man als successiven Contrast.

Alle Erscheinungen der negativen Nachbilder sucht man aus der Ermüdung der Netzhaut zu erklären. Der Theil der Netzhaut, welcher eben den Lichteindruck der hellen Scheiben empfangen hatte, ist ermüdet und das Licht der weissen Fläche erregt ihn weniger, als den Theil, auf den das Bild des dunklen Kreuzes gefallen war. Der Theil der Netzhaut, welcher soeben von einer bestimmten Farbe erregt war, wird gleich darauf, wenn weisses Licht, also alle Farben auf ihn wirken, von der betreffenden Farbe am wenigsten erregt. Die gleichzeitige Erregung durch alle übrigen Farben aber erzeugt den Eindruck der Complementärfarbe.

Die Nachbilder weisser Objecte sind gleichfalls gefärbt. Blicken wir auf die Sonne oder auf eine weisse Flamme und schliessen darauf die Augen, so sehen wir das Nachbild anfangs blaugrün, darauf blau, violet, purpurn, roth gefärbt. Die Reihenfolge der Farben ist jedoch verschieden je nach der Intensität und Dauer des ursprünglichen Lichteindruckes und scheint auch individuellen Verschiedenheiten zu unterliegen. Man bezeichnet diese Erscheinung als den Vorgang des **„Abklingens"**. Eine befriedigende Erklärung dieses Vorganges konnte bisher nicht gefunden werden. Es scheint, dass die durch das Licht von verschiedener Wellenlänge hervorgerufene Erregung verschieden lange Zeit andauert.

Eine Frage, welche wir bei den Versuchen zur Erklärung der

Demonstrationen gehören zu den einfachsten Vorlesungsversuchen, und jeder Student findet Gelegenheit, sie in den Vorlesungen über Physik oder Physiologie zu sehen. Ich unterlasse deshalb hier die Beschreibungen. Wer die Versuche selbst anstellen will, findet die Anleitung dazu in dem citirten Handbuche von Helmholtz.

Farbenerscheinungen vor Allem uns vorlegen müssen, ist die, wie diese Erscheinungen in Einklang zu bringen seien mit dem Gesetze von der specifischen Sinnesenergie. Sollen wir in ähnlicher Weise, wie wir es beim Gehörsinn gethan haben, auch für den Gesichtssinn annehmen, dass der Skala der Aetherwellen von verschiedener Länge im Spectrum eine Skala percipirender Endapparate in der Retina mit getrennten Leitungen zur Hirnrinde entspreche, oder sollen wir in ähnlicher Weise, wie es für den Geruchssinn als wahrscheinlich erschien (vgl. S. 42), nur wenige verschiedene Endapparate zur Wahrnehmung nur weniger verschiedener Qualitäten annehmen und die vielen verschiedenen Farbennüancen — ebenso wie die verschiedenen, zahllosen Geruchseindrücke — uns entstanden denken durch gleichzeitige Erregung zweier oder mehrerer Endapparate in verschiedenem Verhältnisse der Intensität? Der englische Physiker Thomas Young[1]) (1773 bis 1829) hatte diese letztere Hypothese aufgestellt. Sie wurde durch Maxwell und Helmholtz der Vergessenheit entrissen.[2])

Thomas Young und Helmholtz nehmen in der Retina dreierlei lichtpercipirende Elemente an: die einen vermitteln nur die Empfindung Roth, die anderen nur Grün, die dritten nur Violet. — Maxwell hatte als dritte Farbe Blau angenommen.

Jedes der dreierlei Elemente wird von allen Aetherwellen des ganzen sichtbaren Spectrum erregt, aber in verschiedenem Maasse. Die Elemente, welche bei ihrer Reizung die Empfindung Roth hervorrufen, werden vorherrschend von dem schwächer gebrochenen Ende des Spectrum erregt, die die Empfindung Violet vermittelnden Elemente vorherrschend von dem entgegengesetzten Ende des Spectrum und die bei ihrer Reizung die Empfindung Grün erzeugenden Elemente vorherrschend von den mittleren Strahlen des Spectrum.

Gleich starke Erregung aller drei Elemente erzeugt die Empfindung Weiss, ungleich starke die Empfindung der verschiedenen Farben.

---

1) Thomas Young, A course of lectures on natural philosophy. London 1807. Vol. I. p. 439; Vol. II. p. 70. 315. 395. 617. 637.

2) Eine Geschichte der Young'schen Hypothese findet sich bei W. Preyer Pflüger's Arch. Bd. 25, S. 31. 1881.

Diese hypothetischen Sätze lassen sich folgendermaassen graphisch darstellen:

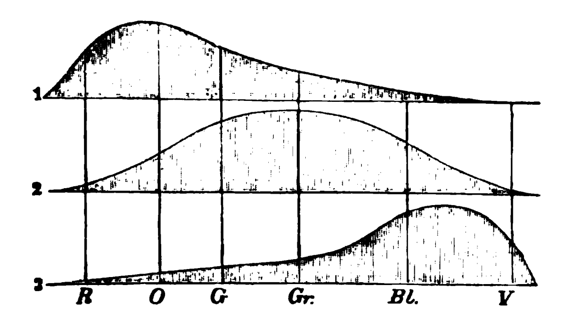


Fig. 21. Nach Helmholtz.

Die Abscissenaxe der drei Curven bildet das Sonnenspectrum — die Anfangsbuchstaben bedeuten die Farben —, die Länge der Ordinaten drückt die Intensität aus, mit der jedes der drei farbenpercipirenden Elemente durch die verschiedenfarbigen Strahlen erregt wird. Die erste Curve zeigt die Erregung der rothpercipirenden Nervenlelemente durch die verschiedenen Theile des Spectrum an, die zweite Curve die Erregung der grünpercipirenden und die dritte Curve die der violetpercipirenden Elemente.

Die graphische Darstellung drückt aus, dass die gleichzeitige Einwirkung zweier Complementärfarben und dass ebenso die gleichzeitige Einwirkung des ganzen Spectrum die Empfindung Weiss hervorrufen muss. Man addire z. B. die beiden Ordinaten, welche die Intensität der Erregung der rothempfindenden Netzhautelemente durch die complementären Farben Orange und Blau ausdrücken. Man addire darauf die beiden Ordinaten, welche die Erregung der grünempfindenden Elemente durch dieselben Farben ausdrücken, und schliesslich die entsprechenden beiden Ordinaten für die violetempfindenden Elemente. Man erhält so drei ganz gleiche Linien. Es werden also alle drei Elemente gleich stark gereizt. Das Resultat ist die Empfindung Weiss.

Die Empfindung Gelb entsteht nach der Young-Helmholtz'schen Theorie durch gleichzeitige Erregung der roth- und grünpercipirenden Elemente, die Empfindung Blau durch gleichzeitige Erregung der grün- und violetpercipirenden Elemente. Dass in der That die Eindrücke Gelb und Blau, die uns als reine

Farben erscheinen, durch Mischung auf der Netzhaut entstehen können, lässt sich mit Hülfe des Farbenkreisels leicht demonstriren, ebenso durch Aufeinanderfallen der Farben zweier Spectren, wie aus der Physik bekannt ist.

Es fragt sich nun weiter: wie bringen wir die Hypothese von den dreierlei farbenpercipirenden Netzhautelementen in Einklang mit den histiologischen Thatsachen?

Zunächst ist hervorzuheben, dass die Farbenempfindlichkeit der Netzhaut auf der Fovea centralis und der Macula lutea am schärfsten ausgebildet ist und von dort aus zur Peripherie hin immer mehr abnimmt, so dass der äusserste Rand der Netzhaut, die Ora serrata, vollständig farbenblind ist, d. h. nur noch Weiss und Grau, Hell und Dunkel percipirt. Da nun bekanntlich in der Fovea centralis und Macula lutea nur Zapfen und keine Stäbchen sich finden, und von dort aus zur Peripherie hin die Zahl der Zapfen immer mehr abnimmt, die Zahl der Stäbchen dagegen immer mehr zunimmt, so müssen wir schliessen, dass die Zapfen die Farbenempfindung vermitteln, während die Stäbchen blos der Erkennung von Hell und Dunkel dienen. In der Mitte zwischen dem centralen Theil der Netzhaut, der alle Farben percipirt, und dem peripheren Theil, der nur Hell und Dunkel unterscheidet, findet sich eine Region, die nur die Farben Gelb und Blau, nicht aber Roth und Grün percipirt.[1]) Wendet man das Auge stark nach aussen und schiebt dann von der Nasenseite her einen rothen Gegenstand allmählich vor das Auge, so erscheint er anfangs grau, dann gelb und dann erst roth. Ein purpurn gefärbter Gegenstand erscheint unter denselben Umständen zuerst grau, dann blau und dann erst purpurn, ein grüner zuerst grau, dann gelb und zuletzt grün. Aus dieser Thatsache erwachsen der Young-Helmholtz'schen Theorie Schwierigkeiten, und man wird vielleicht gezwungen sein, mehr als dreierlei farbenpercipirende Elemente anzunehmen, insbesondere gelb- und blaupercipirende.

Dass die Zapfen die Farbenempfindung percipiren, ist also

1) Aubert hat einen Apparat ersonnen, um die Grenzen für die Wahrnehmung der einzelnen Farben und die Grenzen des Gesichtsfeldes überhaupt zu bestimmen. Die Beschreibung dieses Apparates findet sich im Archiv für Ophthalmologie. III. 1. S. 38. 1857 und in Poggendorff's Ann. 1862. Bd. 115, S. 87. Förster hat den Apparat vervollkommnet und unter dem Namen Perimeter in die augenärztliche Praxis eingeführt.

nicht zu bezweifeln. Dagegen bleibt die Frage noch offen, ob es so viele verschiedene Zapfen giebt, wie wir verschiedene einfache Farbenempfindungen annehmen — etwa dreierlei, wie Helmholtz fordert —, oder ob innerhalb eines jeden Zapfens verschiedene, getrennte farbenpercipirende Elemente sich finden. Die Histiologie giebt uns auf diese Fragen noch keine Antwort. Weder zeigen die nebeneinander stehenden Zapfen ein verschiedenes Aussehen, noch lassen sich in dem Bau des einzelnen Zapfens irgend welche Anordnungen entdecken, die auf getrennte Perceptionselemente deuten. Ich komme in dem Kapitel über die „Sehschärfe" (Vortr. 10) noch einmal auf diese Frage zurück.

Die Young-Helmholtz'sche Hypothese hat viele Forscher auf dem Gebiete der Farbenlehre unbefriedigt gelassen. Deshalb hat E. Hering[1]) versucht, dieser Hypothese eine neue gegenüberzustellen. Hering nimmt an, dass in der Netzhaut drei verschiedene lichtempfindliche Substanzen enthalten seien, deren jede das Zustandekommen zweier einfacher Gesichtsempfindungen vermittelt, und zwar der einen bei ihrer chemischen Zersetzung, der anderen bei ihrer Synthese. Die so zu Stande kommenden drei Paare einfacher Empfindungen sind roth und grün, gelb und blau, weiss und schwarz. Alle übrigen Licht- und Farbenempfindungen entstehen durch das gleichzeitige Eintreten mehrerer der drei Spaltungen und drei Synthesen in verschiedenem quantitativem Intensitätsverhältnisse. Nach dieser Lehre würde z. B. rothes Licht eine chemische Zersetzung einer der drei hypothetischen Verbindungen bewirken, grünes Licht dagegen eine Synthese derselben Verbindung.

Gegen diese Lehre Hering's habe ich das folgende Bedenken niemals unterdrücken können. Dass zwei so ähnliche physikalische Agentien wie rothes und grünes Licht einen ganz entgegengesetzten Process bewirken, das eine eine Spaltung, das andere eine Synthese derselben chemischen Verbindung, ist ohne Analogie auf dem ganzen weiten Gebiete der gesammten Chemie.

Ein zweites Bedenken gegen die Hering'sche Theorie, das

---

1) Ein kurzes Autoreferat der Hering'schen Farbentheorie findet sich in Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik. Aufl. 9 umgearbeitet von Pfaundler u. Lummer. Bd. II. Abth. I. S. 656—658. Braunschweig, Vieweg u. Sohn. 1897.

ich nicht unterdrücken kann, ist folgendes. Weiss und Schwarz sind nicht qualitativ verschiedene Gesichtsempfindungen; sie sind nur der Intensität nach verschieden. Dass Weiss und Grau nur der Intensität nach verschieden sind, wird allgemein zugegeben und lässt sich durch den bekannten Versuch mit den zwei Kerzen[1]) leicht demonstriren. Aber auch Grau und Schwarz sind nur graduell verschieden. Schwarz ist ein dunkles Grau. Absolutes Schwarz ist Bewusstlosigkeit. Solange unser Bewusstsein nicht vollkommen erloschen ist, sind auch die Sehcentren schwach erregt. Die schwächste Erregung der Sehcentren vermittelt die Empfindung Schwarz. — Die Empfindungen Weiss, Grau und Schwarz sind um eine Qualität ärmer als die übrigen Lichtempfindungen. Deshalb nennen wir die übrigen Lichtempfindungen farbig, die Empfindungen Weiss, Grau und Schwarz farblos.

Da ich jedoch in der Farbenlehre selbst niemals productiv thätig gewesen bin, so erlaube ich mir keine eingehendere Kritik der Lehre eines so hervorragenden Forschers wie Hering. Ich verweise auf die interessanten Originalarbeiten[2]) und auf die Kritik von Helmholtz[3]) und Fick.[4])

Durchaus plausibel an der Hering'schen Theorie erscheint die Annahme, dass Roth, Gelb, Grün und Blau die 4 Grundfarben

---

1) Diesen Versuch setze ich aus der Physik als bekannt voraus und möchte nur kurz daran erinnern: Bringt man einen Stab zwischen eine Kerzenflamme und ein weisses Papier, so erscheint der Schatten des Stabes als grauer Streifen auf weissem Grunde. Bringt man jetzt eine zweite, gleiche Kerzenflamme neben die erste, so sieht man zwei graue Streifen auf weissem Grunde. Und doch ist jeder graue Streifen jetzt von je einer Kerzenflamme beleuchtet, also ebenso weiss und hell, wie zuvor der weisse Grund. Grau und Weiss sind also nur graduell verschieden.

2) E. Hering, „Zur Lehre vom Lichtsinn". 6 Mittheil. an d. Wiener Ak. d. Wissensch. Sitzungsber. d. Wien. Ac. 1872 Juni, 1873 Dec., 1874 März, April, Mai. Aufl. II. Wien 1878. Carl Gerold u. Sohn. „Zur Erklärung der Farbenblindheit aus der Theorie der Gegenfarben". Jahrbuch Lotos. Neue Folge. Bd. I. Prag 1880. F. Tempsky. Carl Hess (unter Hering's Leitung), Ueb. d. Farbensinn bei indirektem Sehen. Gräfe's Arch. f. Ophthalmol. Bd. 35. 4, S. 1—62. 1889. E. Hering, „Unter. eines total Farbenblinden". Pflüger's Arch. f. Physiol. Bd. 49, S. 563—608. 1891. „Ueb. d. sog. Purkinje-sche Phänomen". Ebend. Bd. 60, S. 519—542. 1895.

3) H. von Helmholtz. Handb. d. physiol. Optik. Aufl. 2. Hamburg u. Leipzig 1896. S. 376ff.

4) A. Fick, Hermann's Handbuch der Physiologie. Bd. III, Th. I. S. 205. Leipzig, Vogel. 1879.

seien. Wenn wir bei Beurtheilung dieser Frage zunächst rein subjectiv zu Werke gehen, so müssen wir zugeben, dass diese Annahme die einzige natürliche und ungezwungene ist. Wir müssen, wie ich schon oft betont habe, ausgehen von dem Bekannten, von der Innenwelt, um das Unbekannte zu erklären — die Aussenwelt.[1]) Die Selbstbeobachtung lehrt uns, dass Roth, Gelb, Grün und Blau die einzigen reinen Farben sind, dass alle anderen Farben den Eindruck von Mischfarben machen. Betrachten wir das Orange des Spectrum, so empfinden wir ganz deutlich den Eindruck der beiden reinen und einfachen Nachbarfarben Roth und Gelb; ebenso empfinden wir beim Anblick des Gelbgrün und des Grünblau deutlich zugleich die beiden Nachbarfarben des Spectrum. Das Violet des Spectrum macht gleichfalls den Eindruck einer Mischfarbe, einer Mischung von Blau und Roth. Das Merkwürdige dabei ist nur, dass bloss die eine der beiden Farben, das Blau, eine Nachbarfarbe im Spectrum ist. Das Roth liegt eine Oktave tiefer. Es ist, als ob der Grundton Roth mitschwingt, wenn der erste Oberton angeschlagen wird auf der Skala des percipirenden Endapparates der Netzhaut. Diese Mitschwingung des Roth ist aber immer nur schwach. Wenn die Beimischung des Roth stärker wird, so resultirt eine Mischfarbe, die dem Spectrum fehlt, die wir nur durch künstliche Mischung hervorrufen können — der Purpur. Wird die Beimischung des Roth noch stärker, die Beimischung des Blau relativ noch geringer, so resultirt der Eindruck Carmin mit allen Uebergängen zum reinen Roth.

Es ist ferner sehr beachtenswerth, dass je zwei der reinen Grundfarben, die im Spectrum nicht bloss durch ihre gegenseitige Mischfarbe von einander getrennt sind, sondern durch eine dritte reine Grundfarbe, sich auch in unserer Vorstellung niemals mischen. Wir kennen absolut keinen Farbeneindruck Gelbblau oder Rothgrün. Hering bezeichnet diese beiden Farbenpaare — Gelb und Blau, Roth und Grün — als Gegenfarben.

Von diesen zwei Farbenpaaren sind Gelb und Blau zugleich Complementärfarben, nicht aber Roth und Grün. Für die Thatsache, dass die Complementärfarben bei gleichzeitiger Erregung desselben Theiles der Netzhaut den Eindruck Weiss hervorrufen,

1) Vergl. Bd. I, Vortrag 11 und Bd. II, Vortrag 1.

hat die Hering'sche Theorie eine noch weniger befriedigende Erklärung liefern können als die Helmholtz'sche.

Ein ausgezeichneter Prüfstein für den Werth der Farbentheorien sind die Erscheinungen der **Farbenblindheit.**

Es giebt eine totale Farbenblindheit, bei der nur Hell und Dunkel unterschieden werden (vgl. unten S. 137), und eine partielle Farbenblindheit[1]), bei der nur ein Theil der Farben erkannt wird, andere als grau erscheinen und gewisse Farben consequent verwechselt werden. Diese partielle Farbenblindheit ist für die Farbentheorie von besonderem Interesse.

Nach der Young-Helmholtz'schen Hypothese müssen wir erwarten, dass drei Formen von partieller Farbenblindheit vorkommen: Rothblindheit, Grünblindheit und Violetblindheit. Die Violetblindheit ist sehr selten und wurde bisher noch niemals genau studirt.[2]) Die Roth- und die Grünblindheit müssen sich, wenn die Young-Helmholtz'sche Theorie richtig ist, folgendermaassen unterscheiden:

1. Dem Rothblinden muss das Spectrum am rothen Ende etwas verkürzt erscheinen, weil die ganz schwache Erregung der grün- und violetpercipirenden Netzhautelemente nicht bemerkt wird (vgl. oben Fig. 21). Dem Grünblinden dagegen muss das Ende des Spectrums an beiden Seiten an denselben Punkten erscheinen wie dem Normalsichtigen. Diese Unterschiede werden thatsächlich bei den partiell Farbenblinden beobachtet.

2. Wenn der Satz allgemein richtig ist, dass die gleichzeitige, gleichstarke Erregung aller farbenpercipirenden Elemente den Eindruck Weiss — oder bei schwächerer Erregung Grau — hervorruft, so muss bei dem partiell Farbenblinden die gleichzeitige, gleichstarke Erregung der zwei noch übrigen farbenpercipirenden

---

1) Es soll hier nur die Rede sein von der angeborenen Farbenblindheit bei sonst gesunden Augen. Ausserdem kommt eine erworbene Abschwächung des Farbensinnes mit allen Abstufungen bei Erkrankungen der Sehnerven oder der Netzhaut zugleich mit einer Herabsetzung des Sehvermögens vor. Die Besprechung dieser letzteren Zustände muss den Handbüchern der Augenheilkunde überlassen bleiben.

2) Selbst Holmgren, der sich sehr eingehend mit der Farbenblindheit beschäftigt hat (vgl. unten S. 135), sagt: „er habe nur 2 Fälle von Violetblindheit gesehen, und zwar nicht einmal diese vollständig typisch gefunden". Holmgren, „Ueber Farbenblindheit in Schweden". J. Hirschberg's Centralbl. f. prakt. Augenheilkunde. Jahrgang 2. 1878. S. 203.

Elemente den Eindruck Weiss oder Grau erzeugen. Auch dieses wird beobachtet. Bei dem Grünblinden müssen wir — man betrachte die graphische Darstellung Fig. 21 — erwarten, dass ihm das Spectrum mitten im Grün grau erscheine, weil die Lichtstrahlen aus diesem Theile des Spectrum die roth- und violetpercipirenden Netzhautelemente gleich stark erregen. Das ist thatsächlich der Fall.[1]) Grünblinde können reines Grün und Grau nicht unterscheiden. Ein grünblinder Knabe — der das rothe Ende des Spectrum nicht verkürzt sah — nannte die Farbe des Esels und des gesottenen Rindfleisches grün.[2]) Dem Rothblinden dagegen muss das Spectrum im blaugrünen Theile als Grau erscheinen. Auch dieses wird beobachtet.

Versetzen wir uns nun in die Seele eines Rothblinden und fragen wir uns, was er beim Anblick der Farbenskala des Spectrum empfindet (vgl. Fig. 21 und Fig. 2 Taf. I). Das äusserste Roth wird er, wie erwähnt, gar nicht wahrnehmen. Der weitere Theil des Roth und das Orange wird die grünpercipirenden Elemente weit stärker erregen als die violetpercipirenden. Er wird also Grün empfinden, vielleicht ein ungesättigtes Grün — weil ein Theil des Grün mit dem Violet zu Weiss sich vereinigt —. Er wird vielleicht auch eine Zeit lang diese Farbe als Grün bezeichnen, weil sie ihm als ähnlich der Farbe erscheint, die von allen Menschen als Grün bezeichnet wird. Nun wird er von seiner Umgebung corrigirt. Man sagt ihm: das nennt man Roth. Betrachtet er jetzt den gelben Theil des Spectrum, so erscheint er ihm als ebenso gefärbt wie der Roth genannte; er bezeichnet also das Gelbe als Roth. Nun wird ihm gesagt, das sei Gelb. Er bezeichnet jetzt alles, was ihm Grün erscheint, als Gelb, auch das Rothe und das wirklich Grüne. Nun wird er wiederum corrigirt. Und so wird die Verwirrung vollständig. Mit den Ausdrücken Roth, Gelb, Grün wir hazardirt. Denn die Farben, welche die anderen Menschen so bezeichnen, erscheinen dem Rothblinden alle als Grün. Dagegen müssen ihm Blau und Violet nahezu ebenso erscheinen wie den Normalsichtigen.

Der Grünblinde muss weniger verschiedene Farbeneindrücke

1) W. Preyer, Pflüger's Arch. Bd. 1, S. 299. 1868 und Fr. Burckhardt, Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel. Th. V. S. 558. 1871.

2) Fr. Burckhardt, l. c. S. 558.

empfangen als der Rothblinde. Die mittlere Farbe des Spectrum fällt weg und damit fallen auch die Mischfarben Gelb und Blau weg. Er empfindet also beim Anblick des Spectrum von der grauen Mitte zum schwächer brechenden Ende hin nur mehr oder weniger ungesättigtes Roth, zum stärker brechenden Ende hin mehr oder weniger ungesättigtes Violet. Es sind also vorherrschend die verschiedenen Nüancen des Rosa, die er wahrnimmt. Jedes nicht ganz reine Weiss oder Grau, welches seine beiden percipirenden Elemente nicht ganz gleich stark erregt, erscheint ihm ebenfalls als Rosa. Dem erwähnten grünblinden Knaben „machte der graue Abendhimmel eines trüben Sommertages einen freudigen Eindruck, weil er ihn rosa sah." „Er bewunderte die Farbe seiner staubigen Schuhe und fragte, ob er von diesem Staube nach Hause nehmen dürfe, um Rosen damit zu malen."[1])

Ob diese Auffassung von dem Zustande der partiell Farbenblinden — wie wir ihn hier a priori aus der Young'schen Hypothese deducirt haben — in Wirklichkeit richtig ist, müsste sich entscheiden lassen durch Personen, die nur auf einem Auge farbenblind sind, oder durch Personen, die nur eine Zeit lang farbenblind sind. Beides kommt vor. Leider aber sind diese Zustände noch fast gar nicht wissenschaftlich verwerthet worden.

Einen hochinteressanten Fall von monocularer Grünblindheit hat ein Schüler von Helmholtz, der russische Augenarzt Woinow[2]) in Moskau beschrieben. Die Patientin hat vor 9 Jahren durch einen Zufall entdeckt, dass sie mit ihren Augen die Farben verschieden empfindet, hat aber schon seit früher Jugend vor rothen Farben eine Furcht empfunden und fühlt sich beim Anblick solcher Farben wohler, wenn sie das rechte Auge schliesst. Woinow fand das Farbenunterscheidungsvermögen des linken Auges vollkommen normal; „mit dem rechten Auge dagegen verwechselte sie sehr leicht Hellgrün und Dunkelrosa; und mit dem rechten Auge allein sehend, erscheint ihr die ganze Aussenwelt wie mit rother Farbe getüncht".

Mit Hülfe des Farbenkreisels constatirte Woinow, dass das Grau, welches durch Mischung von 250° Schwarz und 110° Weiss

1) Fr. Burckhardt, l. c. S. 560.

2) M. Woinow, Gräfe's Arch. f. Ophthalmologie. Jahrg. 17. Abth. 2. S. 246. 1871.

entsteht, auf das normale linke Auge denselben Eindruck machte wie die Mischung von 135° Roth mit 125° Grün und 100° Violet.

Auf das grünblinde, rechte Auge dagegen machte eine Mischung von 105° Violet und 255° Roth denselben Eindruck wie eine Mischung von 220° Schwarz und 140° Weiss. — Eine Mischung von 330° Grün und 30° Violet machte einen ähnlichen Eindruck wie 310° Schwarz und 50° Weiss.

Preyer[1]) hoffte durch die Aussagen dieser Patientin die Frage entscheiden zu können, ob die dritte Grundfarbe, welche Young und Helmholtz neben Roth und Grün annahmen, wirklich Violet ist oder, wie Maxwell vermuthete, Blau. Preyer richtete deshalb brieflich an Woinow die Frage, ob der Patientin beim ausschliesslichen Gebrauche des grünblinden Auges der blaue und der violete Theil des Spectrum gleichgefärbt erscheinen und in welcher Farbe. Da nach Helmholtz die Empfindung Blau nur entsteht durch gleichzeitige Erregung der grün- und der violetpercipirenden Elemente, so könnte, falls Helmholtz Recht hat, das grünblinde Auge am stärker brechenden Ende des Spectrum nur violete Farbennüancen wahrnehmen und keine blauen.

Woinow antwortete: „Spectrales Blau und Violet wird von dem grünblinden Auge qualitativ unterschieden, das Violet erscheint nur viel ‚schöner, glänzender‘ als Blau. Beide Farben sind für das grünblinde Auge ‚Lila‘ mit einem Stich in das ‚Rosa‘. Das linke Auge unterscheidet richtig Blau und Violet, die Patientin weiss also, was ‚Lila‘ bedeutet."

Demnach wäre Violet die dritte Grundfarbe der Youngschen Theorie.

Leider ist dieser Fall viel zu wenig für die Prüfung der Farbentheorie verwerthet worden. Insbesondere hat man es unterlassen, die Patientin zu fragen, wo im Spectrum sie mit dem grünblinden Auge einen grauen Theil oder wenigstens eine graue Linie wahrnimmt. Wenn Helmholtz Recht hat, so müsste sie die Empfindung Gelb ebenso wenig haben können wie die Empfindung Blau, weil die Empfindung Gelb nach Helmholtz nur durch die gleichzeitige Erregung der grün- und der rothpercipirenden Netzhautelemente entsteht. Wir müssen also erwarten, dass der gelbe Theil des Spectrum ihr als ein ungesättigtes Roth

1) W. Preyer, Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1872. S. 113.

erschienen sei. Thatsächlich aber gab sie an, dass ihrem rechten Auge das spectrale Gelb hellblau erschien (!). Es ist lebhaft zu bedauern, dass dieser Fall nicht mehr verwerthet worden ist.

Einen zweiten Fall von monocularer Farbenblindheit hat A. v. Hippel[1]) beschrieben. Dieser Fall hat zu einem lebhaften Streite zwischen den Anhängern der Helmholtz'schen und denen der Hering'schen Theorie geführt. Ich verweise auf die Originalarbeiten, die in der zweiten Mittheilung Hippel's citirt sind.

Ob diese Fälle von monocularer Farbenblindheit wirklich identisch sind mit der angeborenen Farbenblindheit beider Augen, ist natürlich mehr als fraglich. Es ist ferner zu bedenken, dass ausser dem völligen Fehlen des Sinnes für eine Farbe auch eine Abschwächung dieses Sinnes oder des Sinnes für mehrere Farben vorkommt, und dass sich daraus zum Theil die endlosen Widersprüche und Missverständnisse der Autoren auf diesem Gebiete erklären.

Die Anhänger der Hering'schen Farbentheorie müssen annehmen, dass jeder Rothblinde auch zugleich ein Grünblinder sei. Sie suchen diesen Zustand aus dem Fehlen der Substanz zu erklären, die bei ihrer Spaltung die Empfindung Roth, bei ihrer Synthese die Empfindung Grün veranlasst. Daneben kann es auch noch eine Gelbblau-Blindheit geben.[2])

Auf die sehr umfangreiche neuere Litteratur zur Theorie der Farbenblindheit [3]) kann ich hier nicht eingehen; ein kurzes Referat

1) A. v. Hippel, Arch. f. Ophthalm. Bd. 26. Abth. II. S. 176. 1880 und Bd. 27. Abth. III. S. 47. 1881. Vgl. auch E. Hering, ebend. Bd. 36. Abth. III. S. 1. 1890.

2) Ewald Hering, „Zur Erklärung der Farbenblindheit aus der Theorie der Gegenfarben". Lotos. Jahrbuch für Naturwissenschaft. Neue Folge. I. Bd., S. 76. 1880. Vgl. auch Ludwig Mauthner, Farbenlehre". Aufl. 2. Wiesbaden, Bergmann. 1894.

3) M. v. Vintschgau, Pflüger's Arch. Bd. 48, S. 431. 1891. Ber. des naturw. med. Vereins zu Innsbruk. 1891|92 und 1894.95. Arthur König und Conrad Dieterici, Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. der Sinne. Bd. 4, S. 241. 1893. Arthur König, ebend. Bd. 7. 1894. S. 161. J. von Kries, Centralbl. für Phsiol. Bd. 10, S. 148. 1896. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinne. Bd. 12, S. 1; 1896. Bd. 13. S. 241. 1897 u. Bd. 19, S. 62 u. 175. 1899.

ist vorläufig noch ganz unmöglich. Erwähnen will ich nur noch, dass eine ganz neue und originelle Theorie von A. Fick aufgestellt worden ist, und verweise auf das Original.[1])

Die ersten Angaben über angeborene Farbenblindheit in der wissenschaftlichen Litteratur hat im Jahre 1777 Joseph Huddart[2]) gemacht. Ihm folgte der bekannte englische Chemiker und Physiker John Dalton (1766—1844), der selbst an angeborener Rothblindheit litt und diesen Zustand im Jahre 1798 schilderte.[3]) Bereits Young selbst suchte die Rothblindheit Dalton's aus seiner Hypothese zu erklären.[4]) Goethe[5]) beschreibt in seiner „Farbenlehre" zwei von ihm beobachtete Fälle von partieller Farbenblindheit, und Gall[6]) führt eine ganze Reihe von Fällen ausgesprochener Farbenblindheit an. Aber erst in neuerer Zeit wurde man auf das häufige Vorkommen der partiellen angeborenen Farbenblindheit und auf ihre praktische Bedeutung aufmerksam. Insbesondere der schwedische Physiologe Holmgren[7]) wies auf die Gefahr hin, die dem öffentlichen Verkehr daraus erwächst, dass Farbenblinde als Eisenbahnbeamte und Schiffslenker angestellt werden. Bekanntlich ist das sichere Erkennen farbiger Signale in diesem Berufe ein nothwendiges Erforderniss. Statistische Untersuchungen ergaben, dass in Schweden 3 Proc. der Männer und 0,3 Proc. der Weiber farbenblind sind. Donders fand in Holland 6,6 Proc., Jeffries in Boston 4,15 Proc., Cohn in Breslau 4 Proc. Farbenblinde. Magnus fand in deutschen Schulen 3,27 Proc. farbenblinder Knaben und 0,22 Proc. farbenblinder Mädchen.

Die Farbenblindheit ist **erblich** und vererbt sich merkwürdigerweise in der Regel nur vom Vater auf die Söhne. Die Töchter farbenblinder Väter sind gewöhnlich nicht farbenblind,

---

1) A. Fick, Pflüger's Arch. Bd. 64, S. 313. 1896.

2) Jos. Huddart, Philos. Trans. T. 67. S. 260. 1777.

3) John Dalton, Memoires of the litterary and philosophical Society of Manchester 1798. T. V. p. 28.

4) Thomas Young, A course of lectures on natural philosophy. London 1807. Vol II. p. 315.

5) Goethe, „Zur Farbenlehre. Didactischer Theil". § 103 bis § 113. 1810.

6) Fr. J. Gall, „Anatomie et Physiologie du système nerveux". Vol. IV (Folioausgabe). p. 69. Paris 1819.

7) Alarik Frithiof Holmgren, „Die Farbenblindheit in ihren Beziehungen zu den Eisenbahnen und der Marine". Leipzig 1878.

wohl aber häufig die Söhne der Töchter. Es kommen aber auch Ausnahmen von dieser Regel vor. Einen derartigen Fall theilt Fr. Burckhardt[1]) mit. Ein Farbenblinder erzählte ihm, wie er als Knabe mit einer Jacke in die Schule gekommen sei, die ihm die Mutter aus einer grünen und einer braunen Hälfte zusammengenäht hatte. „Für den Spott hatte er nicht zu sorgen." Der Fall ist insofern beachtenswerth, als er beweist, dass sowohl der Knabe als auch seine Mutter farbenblind waren, dass also ausnahmsweise das Gebrechen auch von der Mutter geerbt wird.

Soweit meine Kenntniss reicht, kommt die erbliche, partielle Farbenblindheit nur in psychopathisch belasteten Familien vor. Deshalb vermuthe ich, dass die dieser Störung zu Grunde liegende anatomische Veränderung nicht in der Netzhaut zu suchen sei, wie man gewöhnlich annimmt, sondern im primären oder secundären Sehcentrum (vgl. Vortrag 13). Es wäre von hohem Interesse, die Gehirne Farbenblinder zu untersuchen und zugleich festzustellen, welcher Art die psychischen Störungen sind, die bei den Farbenblinden selbst und bei ihren nächsten Verwandten auftreten.

Wegen der grossen Gefahr, die im Eisenbahn- und Schiffsdienste aus der Anstellung Farbenblinder erwächst, hat man vielfache Methoden ersonnen, um die Farbenblindheit von Personen, die eine solche Anstellung wünschen und deshalb ihre Farbenblindheit verbergen, festzustellen. Die Farbenblindheit zu entdecken, ist nicht immer leicht. Denn die Farbenblinden merken sich genau die Worte, mit denen Normalsichtige die Farben der Objecte bezeichnen, und unterscheiden die Farben nach dem Helligkeitsgrade. Zeigt man z. B. einem Rothblinden das Blatt einer Blutbuche und fragt nach der Farbe, so sagt er ganz richtig: das Blatt ist rothbraun. Denn er weiss sehr wohl, dass es zweierlei Buchen giebt und unterscheidet sie nach der Helligkeit. Umgekehrt giebt es ungebildete Leute mit normalem Farbensinn, die aus intellectueller und sprachlicher Unbeholfenheit den richtigen Farbennamen nicht finden. Deshalb fragt man nicht nach der Benennung, sondern prüft das Unterscheidungsvermögen. Zu dem Zwecke hat See-

1) Fr. Burckhardt, Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel. Th. V. S. 566. 1871. Dort finden sich die Stammbäume zweier farbenblinder Familien. Vgl. auch Holmgren, J. Hirschberg's Centralbl. f. prakt. Augenheilkunde. Jahrgang 2. 1878. S. 206.

beck[1]) die Untersuchung mit Wollproben eingeführt. Legt man dem zu Prüfenden eine sehr grosse Zahl von Wollproben in allen Farbennüancen vor, greift eine Probe heraus und fordert ihn nun auf, die ähnlichen Nüancen von verschiedener Intensität zu einer Schattirung zusammenzustellen, so stellt sich bald heraus, ob er farbentüchtig ist oder nicht. Rascher kommt man zum Ziele, wenn man ihm eine Anzahl farbiger, richtiger und falscher Schattirungen vorzeigt und ihn auffordert anzugeben, welche die richtigen sind.[2]) Eine ähnliche Methode ist die der Stillingschen pseudo-isochromatischen Tafeln, die darin besteht, den zu Prüfenden farbige Buchstaben auf farbigem Grunde lesen zu lassen. Die beiden Farben sind so gewählt, wie sie erfahrungsgemäss von gewissen Farbenblinden verwechselt werden. Eine weitere Methode beruht auf der Erscheinung des simultanen Contrastes.[3]) Eine kritische Anleitung zum Gebrauche aller Methoden findet sich in dem Werke von Ludwig Mauthner.[4])

Ausser diesen sehr häufigen Fällen von partieller Farbenblindheit kommt, wie bereits erwähnt, auch eine **totale** Farbenblindheit vor, bei der nur Hell und Dunkel unterschieden werden, und alle Objecte aussehen müssen wie auf einer Photographie. Die totale Farbenblindheit als angeborener Zustand ist sehr selten.[5]) Sie ist stets vereinigt mit einer Herabsetzung der Sehschärfe[6]) und

1) L. F. W. A. Seebeck, Poggendorf's Annalen. Bd. 42, S. 177. 1837.

2) A. Daae, „Die Farbenblindheit und deren Erkennung". Deutsch von M. Sänger. Berlin, Hirschwald.

3) E. Pflüger, „Tafeln zur Bestimmung der Farbenblindheit". Bern, K. Schmid. 1880.

4) Ludwig Mauthner, „Farbenlehre". Wiesbaden, Bergmann. 1894.

5) Neuere Mittheilungen über Fälle von totaler Farbenblindheit finden sich bei F. Kreyssig: Mittheil. aus der ophthalmol. Klinik in Tübingen, herausgegeben von Nagel. Bd. 2, S. 332. 1890. Ferner Zeitschr. f. Psychologie u. Physiol. der Sinne. Bd. 3, S. 215. 3 Fälle. 1891. E. Hering, Pflüger's Arch. Bd. 49. S. 563. 1891. C. Hess und E. Hering, Pflüger's Arch. Bd. 71, S. 105. 1898. A. v. Hippel, Festschrift zur 200 jährigen Jahresfeier der Universität Halle. Berlin, Hirschwald. 1894 und Bericht der 27. Versammlung der ophthalmol. Gesellschaft zu Heidelberg. 1898. W. Uhthoff, Z. f. Psychol. u. Physiol. der Sinne. Bd. 20, S. 326. 1899 u. Bd. 27. S. 344. 1901. Dort ist die ganze Litteratur zusammengestellt. Arthur König, Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. der Sinne. Bd. 20, S. 425. 1899.

6) E. Pflüger, Ber. der 27. Versamml. der ophthalmol. Gesellschaft zu Heidelberg. 1898.

fast stets mit einer ausgesprochenen Lichtscheu. Sie scheint gleichfalls erblich zu sein und beim männlichen Geschlechte häufiger vorzukommen als beim weiblichen. Häufiger als die angeborene totale Farbenblindheit ist ihr Auftreten als Zwischenstadium vor der völligen Erblindung oder als bleibender Zustand bei gewissen Erkrankungen des Sehnerven. Dass es in der That eine totale Farbenblindheit giebt, geht aus einem von O. Becker[1]) beobachteten Falle hervor, in dem nur das eine Auge total farbenblind, das andere normalsichtig war.

In physiologischer Hinsicht von besonderem Interesse bei der totalen Farbenblindheit ist die Thatsache, dass *die Eindrücke von Hell und Dunkel auch von der Macula lutea und der Fovea centralis percipirt werden.* Wir müssen also entweder annehmen, dass die Zapfen neben den farbenpercipirenden Elementen auch Elemente enthalten, die ähnlich fungiren wie die Stäbchen, und dass bei der totalen Farbenblindheit nur die ersteren fehlen oder gelähmt seien; oder wir müssen annehmen, dass in der Norm dieselben Elemente sowohl das Zustandekommen der Farbenempfindung als auch der Helligkeitsempfindung vermitteln und dass sie unter pathologischen Bedingungen die erstere Function eingestellt, die letztere dagegen beibehalten haben.

Von dem Zustande des total Farbenblinden kann Jeder sich leicht eine Vorstellung bilden, wenn er in der ersten Morgendämmerung oder in der letzten Abenddämmerung farbige Objecte betrachtet. Diese mögen auch noch so grell gefärbt sein — sie erscheinen alle als rein grau, unterscheiden sich aber sehr auffallend durch den Grad der Helligkeit. Am hellsten erscheinen grüne und blaugrüne Gegenstände. Dann folgen der Helligkeit nach Gelb, Blau, Violet, Orange, Purpur, Roth. Rein roth gefärbte Objecte erscheinen pechschwarz. Natürlich richtet sich die Helligkeit auch nach dem Grade der Sättigung. Die ungesättigten Farben erscheinen heller. Hering[2]) hat gezeigt, dass wir auch das Sonnenspectrum farblos sehen können, wenn es nur geringe Intensität hat, und das Auge für die Dunkelheit adaptirt ist. Das Maximum der Helligkeit erscheint im Grün, das violete Ende des Spectrum ist noch auffallend lichtstark, das rothe dagegen sehr

---

1) O. Becker, Arch. f. Ophthalm. Bd. 25, Abth. II, S. 205. 1879.
2) Hering, Pflüger's Arch. Bd. 49, S. 563. 1891.

lichtschwach. Die Wahrnehmungen werden nicht bloss von den Stäbchen vermittelt, sondern auch von den Zapfen.[1])

Den nächtlich lebenden Thieren, die auf das Sehen bei schwacher Beleuchtung angewiesen sind, gewähren also die Zapfen keinen Vortheil den Stäbchen gegenüber. Dazu stimmt die bereits von Max Schultze[2]) festgestellte Thatsache, dass die Fledermäuse, Eulen, Maulwürfe u. s. w. weniger Zapfen haben als andere Thiere.

---

1) J. von Kries, Zeitschr. f. Psychologie u. Physiol. der Sinne. Bd. 9, S. 81. 1895.

2) Max Schultze, Arch. f. mikr. An. Bd. 2, S. 255. 1866.

Zehnter Vortrag.

Die Sehschärfe. Das Sehen mit zwei Augen.

Unsere früheren Betrachtungen (Vortrag 7) hatten uns gezeigt, dass wir einen Gegenstand nur dann mit voller Deutlichkeit sehen, wenn das Auge für ihn accommodirt ist, und dass diese Accommodation für gewisse Augen und gewisse Entfernungen der Objecte nur mit künstlichen Mitteln, mit Hülfe von Convex- oder Concavgläsern zu Stande kommt. Die Beobachtung lehrt nun aber, dass auch bei vollkommener Accommodation die Deutlichkeit des wahrgenommenen Bildes für verschiedene Augen sehr verschieden sein kann. Diesen von der Accommodation des Auges unabhängigen Grad des deutlichen Sehens bezeichnet man als die **„Sehschärfe"**.

Man misst den Grad der Sehschärfe nach der Kleinheit des Sehwinkels (vergl. oben S. 81), unter dem zwei helle Punkte oder Linien zu einander stehen können, wenn sie noch als getrennt erkannt werden sollen. Für das normale Auge des Erwachsenen beträgt dieser Winkel 1 Minute (60″). Betrachtet man z. B. den

Buchstaben **E**, bei dem die dunkeln Linien und die hellen

Fig. 22.

Zwischenräume gleiche Dicke haben, aus einer solchen Entfernung, dass jede dunkle Linie und jeder helle Zwischenraum unter einem Sehwinkel von einer Minute (60″) stehen, so sieht ein normales Durchschnittsauge den Buchstaben deutlich. Ist der Buchstabe bei gleicher Entfernung kleiner, oder entfernt er sich weiter vom Auge, so verschwimmen die hellen und dunkeln Linien.

Nach Kölliker's Messungen beträgt die Dicke der Zapfen im gelben Fleck 0,0045—0,0054 mm. Daraus und aus der Entfernung des Kreuzungspunktes berechnet es sich, dass die Zapfen unter einem Sehwinkel von 60 bis 75″ stehen. In der Fovea centralis sind die Zapfen am kleinsten, und auf die Fovea centralis fallen die Bilder beim scharfen Sehen.

Es liegen also im Netzhautbilde beim scharfen Sehen die hellen Zwischenräume und die dunkeln Linien auf getrennten Zapfen, oder es werden doch wenigstens die benachbarten Zapfen in ungleichem Maasse vom Lichte getroffen. Man könnte somit glauben, dass wir die Lichteindrücke der hellen Linien nur deshalb als getrennt erkennen, weil sie auf getrennte Zapfen fallen und weil weniger erregte Zapfen dazwischen liegen.

Nach dieser Auffassung könnte es scheinen, dass der Schärfe unserer Gesichtswahrnehmungen eine Grenze nicht gesetzt ist durch die Unvollkommenheiten des dioptrischen Apparates, sondern nur durch die ungenügende Feinheit der Zapfenmosaik.

Gegen diese Auffassung aber scheinen die folgenden Thatsachen zu sprechen. Die Sehschärfe vieler Augen, insbesondere jugendlicher Augen ist viel grösser als die angeführte von 60″ für jede Linie. Sie beträgt bei jugendlichen Individuen oft bis 30″. Die genauesten Untersuchungen hierüber in neuerer Zeit hat Uhthoff[1]) ausgeführt. Er betrachtete ein Spectrum durch ein Gitter, in welchem die linearen Zwischenräume ebenso breit waren wie die Gitterstäbe. Er fand für alle Farben des Spectrum nahezu dieselbe Zahl. Die Breite eines Stabes oder eines Zwischenraumes brauchte nur unter einem Sehwinkel von 30″ zu stehen, um schon deutlich gesehen zu werden. Der Eindruck von Hell und von Dunkel würde also — falls Kölliker's Zahlen richtig sind — immer nur von je einem halben Zapfen percipirt.

Um dieser Thatsache gegenüber die dargelegte Erklärung für das Zustandekommen der getrennten Wahrnehmung von dunkeln und hellen Linien aufrecht zu erhalten, hat man sich darauf berufen, dass andere Histiologen weit kleinere Zahlen für die Zapfendicke angegeben haben: M. Schultze fand 0,0020 bis 0,0025 mm, H. Müller 0,0015 bis 0,0020, Welcker 0,0031 bis 0,0036.

1) W. Uhthoff (König's Laborat. in Berlin), Zeitschr. f. Psychologie u. Physiologie der Sinne. Bd. I, S. 155. 1890. Dort ist die gesammte Litteratur über diese Frage zusammengestellt.

Nach einigen neuen Angaben über die Feinheit unseres Sehvermögens bei günstiger Beleuchtung scheint es jedoch, dass auch die kleinsten Zahlen für die Zapfendurchmesser nicht klein genug sind, um die Annahme zu rechtfertigen, dass eine getrennte Lichtperception nur aus einer getrennten Erregung der Zapfen zu erklären sei. E. A. Wülfing[1]) konnte zwei Linien noch als getrennt erkennen, wenn ihr Abstand unter einem Sehwinkel von nur 10 bis 12″ wahrgenommen wurde. G. J. Schoute[2]) brachte 8 hell beleuchtete Gegenstände von verschiedener Grösse in eine solche Entfernung vom Auge, dass das Netzhautbild jedes einzelnen, auch des grössten auf einen einzigen Zapfen fiel. Und dennoch war er im Stande, den Unterschied in der Grösse der 8 Objecte zu erkennen.

Falls sich diese Angaben bestätigen, würden wir zu dem Schlusse gedrängt werden, dass die Zapfen nicht die percipirenden Einheiten der Netzhaut sind, dass wir vielmehr die Zapfen als zusammengesetzt aus einer grossen Zahl getrennt percipirender und getrennt leitender Elemente betrachten müssen (vgl. oben S. 127).

Gegen die Annahme, dass die Feinheit der Zapfenmosaik der Sehschärfe ihre Grenze setzt, spricht auch die Thatsache, dass mit zunehmendem Alter die Sehschärfe sehr bedeutend abnimmt. Es scheint nicht wahrscheinlich, dass mit zunehmendem Alter die Zahl der Zapfen reducirt wird und die einzelnen Zapfen sich verdicken. Die abnehmende Sehschärfe im Alter beruht wahrscheinlich auf einer abnehmenden Durchsichtigkeit der Augenmedien. Schon vom 30. Jahre an wird häufig eine Abnahme der Sehschärfe bemerkbar; sie kann mit zunehmendem Alter bis auf die Hälfte sinken, ohne dass eine Erkrankung des Auges eintritt. In Bezug auf diesen Gegenstand und auf die Methode zur Bestimmung der Sehschärfe verweise ich auf die Handbücher der Augenheilkunde.

Mögen wir nun die Zapfen als die percipirenden Elemente annehmen oder kleinere Elemente innerhalb der Zapfen — in jedem Falle müssen wir uns denken, die Schärfe und Deutlichkeit der Gesichtswahrnehmungen komme dadurch zu Stande, dass die Er-

1) E. A. Wülfing, Zeitschr. f. Biol. Bd. 29. S. 199. 1892.

2) G. J. Schoute, Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. der Sinne. Bd. 19. S. 251. 1899.

regung eines percipirenden Netzhautelementes durch das Licht auf dieses Element beschränkt bleibt und nicht die benachbarten Elemente in Mitleidenschaft zieht. Nichtsdestoweniger haben einige Physiologen die teleologisch höchst unwahrscheinliche Annahme gemacht, dass sehr helles Licht nicht bloss die Zapfen erregt, auf die es trifft, sondern die Erregung auf die benachbarten Zapfen überträgt. Diesen hypothetischen Vorgang bezeichnet man als **Irradiation.**

Aus der Irradiation suchte man die Thatsache zu erklären, dass helle Gegenstände auf dunkelm Grunde uns grösser erscheinen, als sie in Wirklichkeit sind, und dunkle Gegenstände auf hellem Grunde kleiner, als sie in Wirklichkeit sind. Auf der Fig. 23 erscheint das weisse Quadrat grösser als das schwarze, obgleich sie beide genau gleich gross sind. Eine bekannte Erscheinung

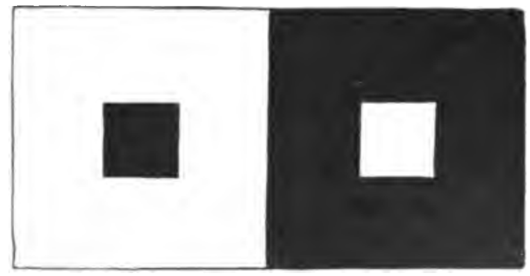


Fig. 23.

dieser Art ist das Uebergreifen der hellen Sichel des Mondes gegen den aschgrauen Rest der Scheibe. Bei der Auswahl der Toilette machen die Damen von der Irradiation einen instinctiven Gebrauch, indem wohlbeleibte Damen sich mit Vorliebe in Schwarz kleiden, weil sie darin schlanker erscheinen, während zart Gebaute helle Kleider vorziehen, weil ihre Körperformen darin voller erscheinen.

Helmholtz hat darauf hingewiesen, dass wir zur Erklärung aller dieser Erscheinungen nicht zu einer neuen Hypothese unsere Zuflucht zu nehmen brauchen, dass die unvollkommene Accommodation und die Zerstreuungskreise die Thatsachen genügend erklären. Auf einer Figur, wie der vorgelegten, erscheint der Unterschied zwischen der hellen und der dunkeln gleich grossen Fläche um so bedeutender, je unvollständiger die Accommodation ist. Aber auch bei vollkommenster Accommodation bleibt doch noch ein kleiner Unterschied bestehen, der um so bemerkbarer ist, je

kleiner die Objecte sind, weil die übergreifenden Zerstreuungskreise relativ um so grösser sind. Diese Zerstreuungskreise, die nicht durch unvollkommene Accommodation entstehen, sind auf die sphärische und die chromatische Aberration sowie auf alle sonstigen Unvollkommenheiten im Baue des dioptrischen Apparates zurückzuführen.

Es bleibt uns jetzt nur noch ein Kapitel der Optik zu besprechen übrig — das **Sehen mit zwei Augen.** Frühere Betrachtungen (S. 99) hatten uns gezeigt, dass wir einen Gegenstand in der grössten Deutlichkeit und Schärfe sehen, wenn der von ihm durch den Kreuzungspunkt des Auges gehende Strahl, der sogenannte „Sehstrahl", auf die Mitte der Fovea centralis trifft, also mit der „Gesichtslinie" zusammenfällt. Wollen wir mit beiden Augen einen Punkt möglichst deutlich sehen, „fixiren", so richten wir unwillkürlich die Augen so, dass die beiden Gesichtslinien in diesem Punkte sich schneiden. Dann sehen wir den Punkt einfach. Alle übrigen Punkte dagegen, die auf der Verbindungslinie des fixirten Punktes mit dem Beobachter liegen, sehen wir doppelt, sowohl die näher zum Beobachter gelegenen, als auch die entfernteren. Dabei aber tritt der folgende wichtige Unterschied hervor. Von dem entfernteren Doppelbilde verschwindet das linke, wenn man das linke Auge schliesst, und das rechte, wenn man das rechte Auge schliesst. Von dem Doppelbilde eines Gegenstandes dagegen, der näher zum Beobachter liegt als der fixirte Punkt, verschwindet, wenn man das linke Auge schliesst, das rechte Bild, und, wenn man das rechte Auge schliesst, das linke Bild. Das Zustandekommen dieser Erscheinung erklärt sich aus den folgenden Figuren (24 und 25). *A* ist in beiden Figuren der fixirte Punkt. Den Punkt *B* projicirt jedes Auge nach aussen in der Richtung des Sehstrahls.

Diese Thatsachen finden in der augenärztlichen Praxis eine wichtige Anwendung bei der Untersuchung Schielender: Der Arzt ist im Stande zu entscheiden, ob der Patient beim Versuche, ein Object zu fixiren, die Augenaxen zu stark oder zu schwach convergirt. Im ersteren Falle ist das Doppelbild nicht gekreuzt, im letzteren gekreuzt.

Die Erfahrung lehrt, dass wir nicht bloss den fixirten Punkt einfach sehen, sondern gleichzeitig mit dem fixirten noch unzählige andere Punkte. Eine genaue Untersuchung hat gezeigt, dass

von allen diesen Punkten, die wir mit beiden Augen einfach sehen, die Bilder auf den beiden Netzhäuten auf sogenannten **„correspondirenden“** oder **„identischen Stellen“** liegen. Die identischen Stellen der Netzhäute findet man folgendermaassen. Man denke sich die beiden Gesichtslinien unter einander parallel und horizontal gestellt —wie beim Sehen auf einen fernen Gegenstand am Horizont — und denke sich dann die beiden Netzhäute in dieser Lage auf einander gelegt, so dass die Mittelpunkte beider

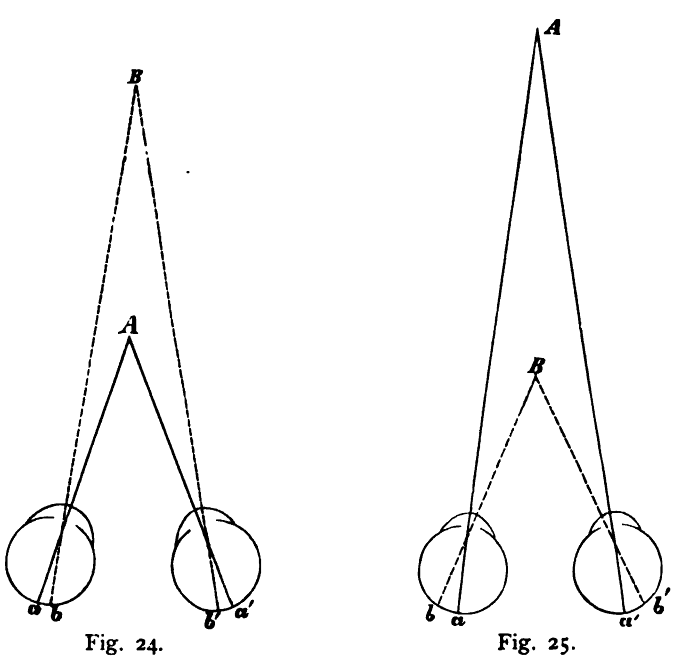


Fig. 24. Fig. 25.

Foveae centrales und die durch sie gehenden senkrechten und wagrechten Meridiane zusammenfallen. Dann sind die einander deckenden Stellen der beiden Netzhäute identisch. Jeder Gegenstand, der sein Bild auf identische Stellen beider Netzhäute fallen lässt, wird einfach gesehen. Es sind also z. B. identisch zwei Punkte der Netzhäute, die gleichweit von der Fovea centralis nach rechts liegen, d. h. beim linken Auge zur Nase hin, beim rechten Auge zur Schläfe hin.

Fixiren wir einen Punkt *A* (Fig. 26), so fallen, wie erwähnt, seine Bilder auf die beiden Foveae centrales *a* und *a'*. Gleichzeitig aber mit dem fixirten Punkte *A* sehen wir auch alle übrigen

Punkte einfach, welche auf der Kreislinie liegen, die wir uns durch den Punkt *A* und die beiden Kreuzungspunkte der Augen gezogen denken. Denn die von allen diesen Punkten, z. B. *B* oder *D*, ausgehenden Sehstrahlen bilden an den Kreuzungspunkten beider Augen gleiche Winkel mit den Gesichtslinien. Die Bilder dieser Punkte fallen also in beiden Augen gleichweit nach links oder gleichweit nach rechts von der Fovea centralis, somit auf „identische Stellen". Um sich davon zu überzeugen, genügt es,

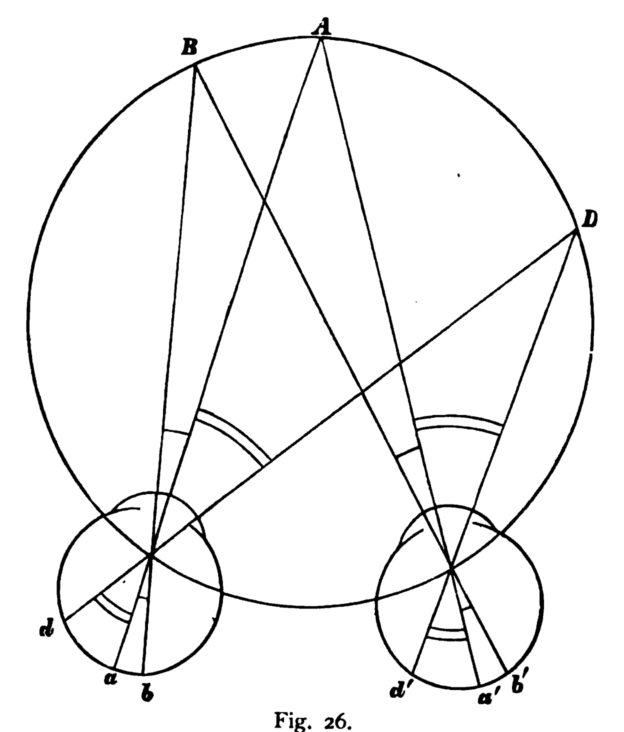


Fig. 26.

einen Blick auf die vorliegende Fig. 26 zu werfen, und sich des Satzes aus der Planimetrie zu erinnern, dass die Peripheriewinkel über demselben Bogen einander gleich sind. Ausser diesen auf der Kreislinie gelegenen Punkten erscheinen gleichzeitig einfach alle Punkte auf der Linie, die senkrecht zur Kreisfläche auf dem Punkte *A* errichtet ist. Von allen diesen Punkten müssen die Sehstrahlen in beiden Augen gleichweit nach oben oder gleichweit nach unten von der Fovea centralis auf die Netzhaut treffen, also auf identische Stellen. Den geometrischen Ort aller der

Punkte, die gleichzeitig mit beiden Augen einfach gesehen werden, nennt man den **Horopter.** Die Horopterfigur ist für verschiedene Augenlagen eine verschiedene. Eine genaue Ableitung dieser Figuren ist sehr umständlich und hat kein praktisches Interesse. Hervorheben will ich nur noch, dass, wenn wir einen fernen Gegenstand fixiren, und somit die beiden Gesichtslinien parallel sind, auch von allen anderen fernen Gegenständen die Bilder auf identische Netzhautstellen treffen müssen. Denn die beiden Sehstrahlen, die von einem fernen Punkte in die beiden Augen fallen, sind nahezu parallel und müssen deshalb mit den parallelen Gesichtslinien gleiche Winkel bilden. Fixiren wir einen Stern am Himmel, so erscheinen uns auch alle übrigen Sterne als einfach. Schliesslich sei noch daran erinnert, dass die beiden „blinden Flecke" (vgl. oben S. 112) nicht auf „identischen" Stellen der beiden Netzhäute liegen, sondern der des rechten Auges nach links, der des linken Auges nach rechts von der Fovea centralis. Deshalb kann beim Sehen mit beiden Augen niemals ein Gegenstand aus dem Gesichtsfelde verschwinden.

Um die Thatsache zu erklären, dass wir die auf „identische" Stellen der beiden Netzhäute fallenden Bilder einfach sehen, hat man sich auf die theilweise Kreuzung der Opticusfasern im Chiasma[1]) berufen. Die Fasern von der rechten Hälfte der rechten und der linken Retina gelangen durch den rechten Tractus opticus zum primären und zum secundären Sehcentrum (vergl. unten Vortrag 13) der rechten Hirnhälfte. Die Fasern von der linken Hälfte der rechten und der linken Retina gelangen durch den linken Tractus opticus zu den Centren der linken Hirnhälfte, wie es das vorliegende Schema (Fig. 27) darstellt. Es scheint also sehr wohl möglich, dass die von „identischen" Stellen der beiden Netzhäute ausgehenden Neuronenketten eine gemeinsame Endigung sowohl im primären als auch im secundären Sehcentrum derselben

1) Die von Kölliker erschütterte Lehre von der nur theilweisen Kreuzung der Opticusfasern ist durch neuere Forschungen wieder gefestigt worden. Eine Zusammenstellung der Litteratur findet sich in der hochinteressanten Arbeit von S. Ramon y Cajal, „Die Structur des Chiasma opticum". Deutsch von J. Bresler, mit einem Vorwort von P. Flechsig. Leipzig, Barth. 1899. Bei den niederen Thieren, die seitlich gestellte Augen und kein gemeinsames Gesichtsfeld für beide Augen haben, besteht eine totale Kreuzung der Nervi optici. Ramon y Cajal hat einen geistreichen Versuch gemacht, diese Thatsache teleologisch zu deuten. Ich verweise auf das Original.

Hirnhälfte haben. Aus dem gemeinsamen centralen Eindruck würde sich die einheitliche Auffassung der beiden Bilder erklären. Gegen diese Annahme aber sprechen die folgenden Thatsachen.

1. Es finden sich in der älteren anatomischen Litteratur

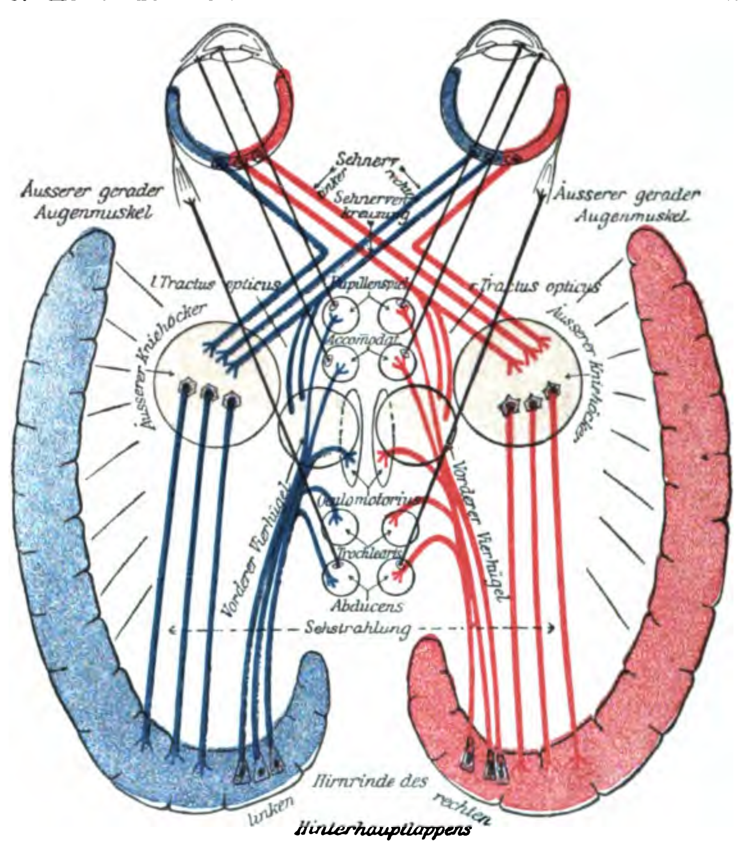


Fig. 27. Nach v. Monakow.

5 Angaben[1]) über ein vollständiges Fehlen des Chiasma beim Menschen. Der rechte Tractus opticus gelangte zum rechten, der linke zum linken Auge ohne irgend einen Faseraustausch. Den ersten derartigen Fall hat Vesal (1514—1564) beschrieben.[2])

1) Die Quellen dieser Angaben finden sich genau citirt bei J. Henle, Handb. d. systematischen Anatomie des Menschen. Bd. III. Abth. 2. S. 348. Braunschweig, Vieweg & Sohn. 1871.

2) Andreas Vesalius, De humani corporis fabrica. Lib. IV. Cap. 4. Basileae. 1543.

Vesal hatte das Individuum, welches bei der Sektion diese seltene Anomalie darbot, persönlich gekannt und bezeugt, dass im Leben keinerlei Störung des Sehvermögens, insbesondere kein Doppeltsehen bestanden hatte. — Auffallend ist es nur, dass in neuerer Zeit kein einziger derartiger Fall beobachtet worden ist, obgleich die Zahl der Sektionen heutzutage doch viele tausendmal grösser ist als zur Zeit Vesal's.

2. Es werden Fälle beobachtet, wo Schielende mit beiden Augen einfach sehen, obgleich die Bilder der Objecte auf beiden Augen nicht auf identische Stellen fallen. Nach der operativen Beseitigung des Schielens, wenn die Bilder auf identische Stellen der Netzhaut fallen, sehen sie anfangs doppelt und meist allmählich erlangen sie die Fähigkeit, die auf identische Stellen fallenden Bilder einfach zu sehen.

Rein anatomisch lässt sich also das Einfachsehen mit zwei Augen nicht erklären. Der Vorgang bleibt uns vorläufig noch räthselhaft. Aber es ist kein neues Räthsel. Wir begegnen einer ganz analogen Erscheinung beim Tastsinne. Rollt man eine kleine Kugel zwischen zwei Fingerspitzen in deren gewöhnlicher Lage, so fühlt man deutlich nur eine einzige Kugel. Kreuzt man dagegen die Finger und rollt jetzt die Kugel zwischen den Spitzen, so fühlt man ganz deutlich zwei Kugeln. Denn jetzt treffen die Tasteindrücke auf zwei nicht „identische" Stellen der beiden Tastflächen. Diesen Versuch hat bereits Aristoteles beschrieben, und er wird nach ihm benannt.

Die Vortheile, die das Sehen mit zwei Augen gewährt gegenüber dem Sehen mit einem Auge sind folgende: 1. Das Gesichtsfeld ist vergrössert. 2. Alle Fehler der Netzhaut, alle Trübungen der Augenmedien werden corrigirt. Die Störung durch den blinden Fleck fällt fort. 3. Die dritte Dimension des Raumes wird deutlicher erkannt, weil die beiden Netzhäute von zwei verschiedenen Standpunkten aus ein Bild der Objecte empfangen[1]), und weil diese Standpunkte durch das Spiel der Augenmuskeln beständig wechseln.

Diesen drei grossen Vortheilen gegenüber kommt der eine Nachtheil des Sehens mit zwei Augen — die Doppelbilder — gar

1) Auf die Theorie des Stereoskops gehe ich hier nicht ein, weil dieselbe in jedem Lehrbuche der Physik ausführlich behandelt wird.

nicht in Betracht. Die Doppelbilder werden von uns gewöhnlich gar nicht bemerkt, weil unsere Aufmerksamkeit stets absorbirt ist durch die fixirten Objecte. Diese Concentration der Aufmerksamkeit auf die fixirten Objecte ist so unwillkürlich, so zwingend und mächtig, dass viele Personen überhaupt ganz unfähig sind, die Doppelbilder wahrzunehmen.

Der erwähnte dritte Vortheil des Sehens mit zwei Augen, die dadurch erlangte Fähigkeit, die dritte Dimension der Objecte deutlicher zu erkennen, insbesondere den gegenseitigen Abstand der Objecte in der Tiefendimension deutlich wahrzunehmen, wird von vielen Physiologen überschätzt. Einige Autoren gehen so weit, zu lehren, dass wir mit einem Auge überhaupt nur zwei Dimensionen an den Objecten erkennen. Ich sehe alle Objecte mit einem Auge ebenso stereometrisch, wenn ich auch ihren gegenseitigen Abstand in der Tiefendimension nicht so genau schätzen kann wie mit beiden Augen zugleich. Es scheint, dass das Verhältniss zwischen Licht und Schatten die Erkenntniss der dritten Dimension hervorruft. Ich sehe sogar ein Bild, auf dem das Verhältniss von Licht und Schatten richtig dargestellt ist, mit einem Auge deutlich stereometrisch. Betrachte ich eine Photographie und schliesse das eine Auge, so hebt sich das Bild sofort von der Fläche des Papieres ab, und ich sehe es ganz deutlich in drei Dimensionen. Von dieser Illusion kann ich mich gar nicht frei machen, bis ich das andere Auge öffne. Dann schwindet sofort die Illusion, das Bild sinkt auf die Fläche des Papieres zurück. Es scheint also der Muskelsinn beim Spiele der äusseren Augenmuskeln die Illusion zu zerstören und die richtige Erkenntniss von der flächenhaften Beschaffenheit des Bildes zu veranlassen. Es fragt sich nur: wie kam die Illusion zu Stande? Wenn wir Steinbuch's Hypothese von der Entstehung jeder Raumvorstellung durch den Muskelsinn (vgl. oben S. 25—30) aufrecht erhalten wollen, müssen wir annehmen, dass durch früher aufgespeicherte — vielleicht schon ererbte — Associationen gewisse Muskelempfindungen mit gewissen Eindrücken von Licht und Schatten unzertrennlich verknüpft sind und so die Täuschung bewirken. Diese Hülfshypothese haben wir bereits bei früheren Betrachtungen machen müssen (vgl. oben S. 30). Zugestehen muss man hierbei allerdings, dass es das Kennzeichen einer schlechten Hypothese ist, wenn sie der Hülfshypothesen bedarf.

Elfter Vortrag.

Physiologie des Gehirns. Sitz des Bewusstseins.

Die Physiologie des Gehirns ist das anziehendste Kapitel unseres Faches. Denn auf diesem Gebiete berührt sich Alles, was überhaupt Gegenstand menschlichen Denkens und Forschens werden kann. In der Physiologie gipfelt die gesammte Naturwissenschaft. Alle übrigen Zweige derselben, die Mechanik, die Physik, die Chemie, die descriptiv biologischen Disciplinen — sie alle müssen die Ergebnisse ihrer Forschung zusammentragen, um die Räthsel des Lebens zu lösen. Die Physiologie des Gehirns aber umfasst zugleich noch die Grundlage der gesammten Geisteswissenschaft — dei Psychologie. Wohl weiss ich, dass uns dieses von gewisser Seite her noch immer bestritten wird, dass man von uns Physiologen verlangt, wir sollen nur die materiellen Vorgänge, nur die den äusseren Sinnen erkennbaren Processe des Gehirns erforschen, das Seelenleben aber den Philosophen überlassen. Man bedenkt nicht, was man damit von uns verlangt. Man verlangt von uns nichts Geringeres, als dass wir in einer Wissenschaft, deren einzige Aufgabe doch nur die sein kann, Causalgesetze zu erforschen — dass wir in einer solchen Wissenschaft die Ursache studiren sollen ohne die Wirkung und die Wirkung ohne die Ursache. Denn der innige, ununterbrochene Causalzusammenhang aller körperlichen und geistigen Erscheinungen ist einc unerschütterlich feststehende Thatsache. Unentschieden ist nur die Frage, ob die körperlichen und geistigen Erscheinungen überhaupt zweierlei Dinge sind oder nicht vielmehr ein und dasselbe Ding. Auf dieses fundamentale Problem der Metaphysik und Erkenntnisstheorie kann ich hier nicht eingehen. Es sei mir nur gestattet, um Wiederholungen und Missverständnisse zu vermeiden, meinen Standpunkt kurz folgendermaassen zu präcisiren. Ich halte

den Dualismus nicht für widerlegt. Die Lehre, dass Körper und Geist zweierlei Dinge sind, aber doch so viel mit einander gemein haben, dass sie in eine gewisse Art des Causalzusammenhanges zu einander treten können — diese Lehre ist mit dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens noch einigermaassen vereinbar. Weit einfacher und plausibler ist dagegen die monistische Naturbetrachtung, die Lehre, dass Körper und Geist — Bewegungsvorgänge und Seelenleben, die Welt der äusseren Sinne und die Welt des inneren Sinnes — ein und dasselbe Ding sind. Der Monismus aber kann ein materialistischer oder ein idealistischer sein. Bei flüchtiger Ueberlegung könnte es scheinen, das sei ein und dasselbe; auf's Wort kommt es doch nicht an; wenn man nur einerlei Dinge annehme, so sei es doch gleichgültig, ob man alles Marterie oder alles Geist nenne.

Auf das Wort kommt es allerdings nicht an, um so mehr aber auf den richtigen Weg der Erkenntniss. Dieser ist beim idealistischen Monismus das genaue Gegentheil von dem des materialistischen Monismus. Der Idealismus geht von dem Bekannten aus, von der Innenwelt, um das Unbekannte zu erklären, die Aussenwelt. Den umgekehrten und verkehrten Weg schlägt der Matealismus ein: er geht von dem Unbekannten aus, von der Aussenwelt, um das Bekannte zu erklären, die Innenwelt. Der Materialismus geht aus von den hypothetischen Objecten der Sinnesempfindungen, um diese Empfindungen selbst und die gesammte Welt des inneren Sinnes, der Selbstbeobachtung, die unmittelbarsten Objecte unserer Erkenntniss zu erklären.

Ob es Atome, ob es Bewegungen und Kräfte giebt, das wissen wir nicht: es sind das nur Annahmen, die man zum Zwecke metaphysischer Speculationen gemacht hat.

Wir haben, um die Erscheinungen, die sich unseren Sinnen aufdrängen, zu erklären, gewisse Vorstellungen, die wir aus der Selbstbeobachtung schöpfen, in die Aussenwelt verlegt, die Vorstellungen von Raum, Zeit, Quantität, Anziehung, Abstossung; wir haben durch Combination dieser Vorstellungen die Begriffe von Atom, Stoff, Bewegung gebildet und die atomistischen Theorien, die Undulationstheorie, die mechanische Wärmetheorie u. s. w. entwickelt — alles metaphysische Speculationen, dass heisst Speculationen, durch die man ein Urtheil zu gewinnen sucht über die Dinge, wie sie in Wirklichkeit sind, im Gegensatze zu dem, wie

sie uns erscheinen. — Mehr Vorstellungen als die genannten aus dem reichen Schatze unseres inneren Lebens in die Aussenwelt zu verlegen, hat sich bisher nicht als fruchtbringend erwiesen.

Offenbar verkehrt ist es also, wenn die Materialisten nun den umgekehrten Weg gehen wollen, wenn sie mit Hülfe der wenigen Vorstellungen — die wir zur Construction der hypothetischen Objecte unserer Sinne in die Aussenwelt verlegt haben — den ganzen Reichthum, die ganze Fülle der Qualitäten, die das Object des inneren Sinnes bilden, erklären wollen.

Soviel zur vorläufigen Begründung meiner Stellung zu diesem Grundproblem, zu der Frage nach dem Zusammenhange der körperlichen und der geistigen Welt.

Die nächste Frage, welche sich in der Physiologie des Gehirns uns aufdrängt, ist die: woher wissen wir denn eigentlich, dass das Gehirn der Sitz des bewussten Seelenlebens ist? Ist das etwas Selbstverständliches, etwas unmittelbar Einleuchtendes? Kann das Jeder direkt an sich beobachten? Ist das ein Ergebniss der alltäglichen Erfahrung?

Wie wenig das der Fall ist, geht aus der einfachen Thatsache hervor, dass viele der grössten Denker und Forscher des klassischen Alterthums es gar nicht wussten und gar nicht glaubten; sie verlegten das Seelenleben nicht ins Gehirn. So lehrte die Mehrzahl der Hippokratiker[1]), das Hirn sei „eine kalte Masse, bestimmt, den im Körper erzeugten überschüssigen Schleim an sich zu ziehen, welcher nach Einigen im gesunden Zustande durch die Nase und den Schlund abfliesst, um die Hitze des Herzens zu mässigen. Ihre grösste Wichtigkeit erhalten diese Functionen des Gehirns in pathologischen Zuständen als Ursache der Katarrhe, indem diese dadurch entstehen, dass das Gehirn seiner Aufgabe, das überschüssige Wasser des Körpers an sich zu ziehen, untreu wird. Ferner dient dasselbe als Secretionsorgan des durch den Rücken zu den Hoden geführten Samens". Die Seele war nach Ansicht einiger Hippokratiker im Blute enthalten. Aristoteles[2]) betrachtete das Herz als Centralorgan der Empfindung und Bewegung. Das Gehirn, lehrte Aristoteles, sei blutleer, kalt und empfindungslos. „Seine Function beschränke sich auf

1) H. Haeser, Geschichte der Medicin. Jena, Dufft. 1875. Bd. I. S. 140 u. 142.

2) Haeser, l. c. Bd. I. S. 221 u. 222.

die Bildung des Schleimes, welcher sich daselbst, ähnlich wie der Regen in den Wolken, niederschlägt."

Dass das Gehirn der Sitz des Seelenlebens sei, konnte erst durch eingehende anatomische Studien festgestellt werden. Es ist hauptsächlich die Thatsache, dass alle Sinnesnerven dem Gehirn zustreben und dort zusammentreffen, welche dazu führen musste, und es ist beachtenswerth, dass diejenigen griechischen Philosophen, welche zuerst es aussprachen, das Gehirn sei der Sitz des Denkens und Fühlens, zugleich die ersten waren, die Sectionen gemacht haben.[1])

Die Bedeutung der peripheren Sinnesorgane erkennt ja allerdings Jeder sofort an sich selbst. Dass das Auge nicht mehr sieht, wenn man die Hand davor hält, dass das Ohr nicht hört, die Nase nicht riecht, wenn man sie mit dem Finger schliesst, dass die Haut die Tastempfindungen aufnimmt und die Zunge die Geschmackseindrücke — das weiss jeder Wilde, jedes Kind. Aber dass von allen diesen Sinnesorganen Nerven ausgehen und dass alle diese Nerven im Gehirn zusammenlaufen, das war erst das Ergebniss anatomischer Studien.

Später lehrten das physiologische Experiment sowie zufällige Verletzungen, dass Durchschneidung der Sinnesnerven die betreffende Empfindung aufhebt, und dass Durchschneidung der Nerven, welche das Hirn mit den Locomotionsorganen verbinden, die willkürliche Bewegung der betreffenden Organe aufhebt.

Eine weitere Thatsache, die das Gehirn als Organ des Seelenlebens erkennen lehrte, lieferte die vergleichende Anatomie. Man fand im Allgemeinen das Hirn um so stärker ausgebildet, je mehr das bewusste Seelenleben eines Thieres entwickelt schien, je höher die Intelligenz eines Thieres.

Auf der folgenden Tabelle stelle ich das Hirngewicht des Menschen mit dem bekannter Thiere zusammen.[2]) Die Thiere sind nach ihrem absoluten Hirngewicht geordnet.

1) So z. B. Alkmäon von Kroton. Siehe darüber Th. Gomperz, „Griechische Denker". Lieferung 2. S. 119. Leipzig, Veit & Comp.. 1894.

2) Die Zahlen sind hauptsächlich der Abhandlung von Eugène Dubois in den Bulletins de la société d'Anthropologie de Paris. Série 4. T. 9. p. 337. 1897 entnommen. Dort findet sich auch die frühere Litteratur über das Hirngewicht zusammengestellt. Vgl. ferner Arthur Keith, The Journal of Anat. and Physiol. Vol. 29. p. 282. 1895 und Alex. Brandt, Biolog. Centralbl. Bd. 18. S. 475. 1898.

	Hirngewicht in Grm.	Körpergewicht in Grm.	Verhältniss des Hirngewichtes zum Körpergewicht. 1 :
Walfisch, Balaenoptera sibbaldii	7000	74,000,000	10,571
Elephant	5443	3,048,000	560
Mensch ♂	1431	66,200	46
Mensch ♀	1224	54,800	45
Giraffe ♂	680	529,000	778
Pferd	615	375,000	698
Nilpferd ♀	582	1,755,000	3,015
Gorilla ♂	463	90,000	194
Gorilla ♀	450	—	—
Orang ♂	431	80,000	186
Orang ♀	393	—	—
Chimpanse ♂	406	80,000	197
Chimpanse ♀	393	—	—
Esel ♂	385	175,000	457
Löwe ♂	219	119,500	546
Hund (Canis familiaris Leonb.)	135	59,000	437
Siamang (Hylobates syndactylus ♂	130	9,500	73
Ziege	124	37,000	302
Hund (Bernhardiner) ♂	123	53,000	430
Macacus ♂	97,7	7,280	74,5
Macacus ♀	81,5	4,470	54,8
Hylobates leuciscus ♀	94,5	6,250	66
Ameisenbär, Myrmecophaga jubata ♀	84	28,086	344
Wasserschwein, Hydrochoerus capybara ♂ (Das grösste aller lebenden Nagethiere.)	75	28,500	393
Macacus cynomolgus ♂	71	12,000	169
Semnopithecus maurus ♂	70	8,800	126
Hund (lappländische Raçe ♂	70	12,040	172
Semnopithecus ♂	67,8	6,540	96,5
Semnopithecus ♀	62,8	5,040	80,3
Biber (Castor canadensis)	35,6	19,500	548
Katze ♂	31	3,300	106
Löwenäffchen, Midas rosalia ♀	12,8	335	26

	Hirngewicht in Grm.	Körpergewicht in Grm.	Verhältniss des Hirngewichtes zum Körpergewicht. 1 :
Kaninchen (wildes) ♂	9,7	1,420	146
Kaninchen (wildes) ♀	8,9	1,032	116
Nycticabus tardigradus (Halbaffe) ♂	8,2	500	61
Opossum, Didelqhys marsupialis (Beutelratte)	6,5	3,480	535
Eichhörnchen	6,0	389	65
Igel ♀	3,15	885	281
Wanderratte, Mus decumanus ♂	2,36	448	190
Maulwurf	0,962	95	99
Fledermaus, Vespertilio murinus	0,445	33	75
Maus ♀	0,43	21	49
Spitzmaus, Sorex vulgaris	0,125	2,9	23.

Das absolute Hirngewicht des Menschen wird also nur von dem der Riesen des Thierreiches übertroffen, nur von dem Hirngewichte des Elephanten und des Walfisches. Das musste a priori erwartet werden. Denn das Hirn ist nicht blos Sitz des bewussten Seelenlebens. Es setzt sich zum grossen Theil aus Reflexbögen zusammen. Je grösser die Zahl der sensiblen Fasern, je grösser die Zahl der Muskelzellen, desto schwerer muss das Hirn sein. Stellen wir dagegen den Menschen mit Thieren von nahezu gleichem Körpergewicht — 60 bis 90 Kgr. — zusammen, so finden wir in der That, dass der Grad der Entwicklung des bewussten Seelenlebens und der Intelligenz sich nach dem Hirngewichte richtet.

	Absolutes Hirngewicht
Mensch	1431 Grm.
Corilla	463 „
Orang	431 „
Chimpanse	406 „
Hund (59 Kgr.)	135 „

Man könnte nun glauben, die Intelligenz richte sich nach dem relativen Hirngewichte, d. h. nach dem Verhältniss des Hirngewichtes zum Körpergewichte, mit Berücksichtigung des relativen Hirngewichtes liessen sich auch Thiere von verschiedener

Körpergrösse in Bezug auf ihre Intelligenz vergleichen. So einfach aber liegt die Sache nicht. Vergleicht man die Hirngewichte nahe verwandter und annähernd gleich intelligenter Thiere, so findet man, dass die kleineren Thiere zwar ein kleineres absolutes, aber stets ein grösseres relatives Hirngewicht haben. So ersieht man z. B. aus obiger Tabelle, dass der kleine anthropoïde Gibbon, Hylobates leuciscus, ein höheres relatives Hirngewicht hat als der grössere Hylobates syndactylus und dieser ein viel höheres relatives Hirngewicht als die grossen Anthropoïden: Gorilla, Chimpanse, Orang. Das kleine, nur 335 Grm. wiegende Löwenäffchen, Midas rosalia, hat unter allen Affen das höchste relative Hirngewicht und sogar ein nahezu doppelt so hohes als der Mensch. Das relative Hirngewicht des Esels ist höher als das des Pferdes, das der Katze ist fünf mal so hoch als das des Löwen, das der Maus vier mal so hoch als das der Ratte. Bei den drei Hunden auf unserer Tabelle finden wir gleichfalls das relative Hirngewicht um so höher, je kleiner das Thier ist. Das kleinste aller Säugethiere, die nur 3 Grm. wiegende Spitzmaus, hat zwar das niedrigste absolute, aber das höchste relative Hirngewicht; dieses ist genau doppelt so hoch als das des Menschen.

Auf diese Zunahme des relativen Hirngewichtes mit der Abnahme des Körpergewichtes hatte bereits Albrecht von Haller (1708—1777) aufmerksam gemacht.[1]) Man nennt daher diese gesetzmässige Abhängigkeit das „Haller'sche Gesetz". Eine Erklärung dafür finden Alexander Brandt[2]) und Eugène Dubois[3]) darin, dass die kleineren Thiere relativ grössere Sinnesorgane und eine relativ grössere Zahl percipirender Nervenfasern haben. Insbesondere ist bekanntlich die Körperoberfläche der kleinen Thiere relativ grösser und damit auch die Zahl der percipirenden Hautnerven. Der Zahl der Sinnesnervenfasern aber entspricht die Zahl der Reflexbögen im Gehirn mit je einem sensiblen und motorischen Abschnitte.

Brandt zählte auf dem Querschnitte des Ischiadicus die Zahl der Fasern bei der Maus und bei der Ratte. Die Maus hatte im Verhältniss zum Körpergewicht 3 bis 5 mal so viele Nervenfasern

1) Haller, Elementa Physiologiae. Lausannae 1762. T. IV. p. 8.
2) Brandt, l. c.
3) Dubois, l. c.

als die Ratte. Das relative Hirngewicht der Mäuse fand Brandt 3 bis 4 mal so hoch als das der Ratten.

Diese einfachen Beziehungen gelten aber nur für die nächstverwandten Thiere. Vergleichen wir z. B. alle Nagethiere, so erleidet das Gesetz bereits Ausnahmen:

	Körpergewicht:	Absolutes Hirngewicht:	Relatives Hirngewicht:
Hydrochoerus capybara	28 500	75	1/393
Biber	19 500	35,6	1/548
Kaninchen	1 420	9,7	1/146
Wanderratte	448	2,36	1/190
Eichhörnchen	389	6,0	1/65
Maus	21	0,43	1/49.

Obgleich der Biber bedeutend kleiner ist als der Hydrochoerus, hat er doch ein niedrigeres relatives Hirngewicht. Wanderratte und Eichhörnchen sind nahezu gleich schwer, und dennoch ist das relative Hirngewicht des Eichhörnchens dreimal so gross als das der Ratte.

Die Abweichung vom Haller'schen Gesetze bei weniger nahe verwandten Arten erklärt sich vielleicht aus einer verschiedenen Entwicklung der Intelligenz. Wer das Eichhörnchen und die Ratte beobachtet, gewinnt den Eindruck, dass das Eichhörnchen weit intelligenter ist. Der Vergleich des relativen Hirngewichtes von Eichhörnchen und Ratte stimmt auf's schönste zu dem Vergleiche des Menschen mit den grossen Anthropoïden. Der kleine anthropoïde Gibbon, Hylobates leuciscus, hat dasselbe Körpergewicht wie der niedere Affe, Semnopithecus, und dennoch hat er ein höheres absolutes und relatives Hirngewicht. Die intellectuelle Ueberlegenheit des Gibbons ist bekannt.

Mit Berücksichtigung des Haller'schen Gesetzes können wir also doch vielleicht aus dem Hirngewichte einen annähernd richtigen Schluss auf die geistige Entwicklung der Thiere ziehen. Jedenfalls aber stossen wir vorläufig noch auf sehr grosse Schwierigkeiten. Es kommt hinzu, dass die „Intelligenz", die „geistige Entwicklung", das „bewusste Seelenleben" — und wie man sich ausdrücken möge — stets der Inbegriff einer grossen Zahl grundverschiedener Fähigkeiten ist, die bei verschiedenen Arten und auch bei verschiedenen Individuen derselben Art in sehr ver-

schiedenem Grade ausgebildet sind. Erst dann, wenn wir wissen, welche Hirntheile es sind, deren Entwicklung die Entwicklung bestimmter Gaben bedingt, wird eine Beurtheilung jeder einzelnen psychischen Gabe nach der Entwicklung der einzelnen Hirntheile möglich sein. Den Anfang zu einer solchen Untersuchung hatte bereits Franz Joseph Gall (1758—1828) gemacht, und man hat erst in neuester Zeit an seine Untersuchungen wiederum angeknüpft. Ich komme auf Gall noch eingehend zurück (Vortr. 16).

Wenn von zwei verwandten und nahezu gleich grossen Thieren das eine ein bedeutend schwereres Gehirn hat und eine höhere Intelligenz, so ist es stets das Grosshirn, welches stärker entwickelt ist, insbesondere sind es die Grosshirnhemisphären. Beim Menschen beträgt das Gewicht des Grosshirns $^7/_8$ von dem Gewichte des Gesammthirns. Neben den Hemisphären sind die grossen Vorderhirnganglien, der Nucleus caudatus und der Nucleus lentiformis, bei den geistig höher stehenden Thieren stärker entwickelt, während bei den geistig niedrig stehenden, bei denen die Instincte und Reflexe eine vorherrschende Rolle spielen, die Vierhügel und Thalami optici eine Massenentwicklung erfahren haben. Auf diesen Unterschied hatte bereits Johannes Müller (1801—1858) hingewiesen.

Th. Meynert[1]) (1833—1892) hat darauf aufmerksam gemacht, dass der Entwicklung der Grosshirnhemisphären die Entwicklung der Fussfaserung im Hirnschenkel parallel läuft. Bei den Fischen, Amphibien und Reptilien — nach Angabe einiger Autoren auch bei den Vögeln[2]) — fehlt die Fussfaserung vollständig. Es findet sich in den Hirnschenkeln nur die Haubenbahn. Beim Menschen ist die Höhe des Hirnschenkelfusses der Höhe der Haube nahezu gleich, bei allen übrigen Säugethieren weit niedriger. Sogar beim Affen, der nach dem Menschen den entwickeltsten Hirnschenkelfuss hat, beträgt die Höhe des Fusses nur $^1/_3$ der Haubenhöhe. Dieser Unterschied beruht bekanntlich darauf, dass in der Fussfaserung die Pyramidenbahnen verlaufen, durch die von den Grosshirnhemisphären aus die willkürlichen

1) Theodor Meynert, Sitzungsber. d. Wiener Acad. Bd. 60. Abth. 2. S. 447. 1870.

2) R. Boyce and B. Warrington, Thompson Yates labor. rep. Vol I. p. 177. 1899.

Bewegungen ausgelöst werden. Ich komme hierauf noch eingehend zurück (Vortrag 14).

Viele Autoren haben geglaubt, die Entwicklung der Hirnfurchen, der Windungsreichthum der Grosshirnoberfläche sei ein Maassstab für die geistige Entwicklung. Dieses schien plausibel, denn die Furchen und Windungen vergrössern die Oberfläche und damit die ganglienzellenreiche graue Substanz der Hirnrinde. Aber wir dürfen nicht vergessen, dass die Hirnfurchung das Resultat zweier Factoren ist, der Entwicklung der Rindensubstanz und der Grösse der Schädelkapsel. Beide brauchen nicht gleichen Schritt zu halten. So hat z. B. von 2 Monotremen Ornithorhynchus ein ganz glattes, Echidna ein reich gefurchtes Gehirn. Ja, es giebt noch unter den Halbaffen — Stenops und Lemur — und sogar unter den Affen — Hapale — welche, deren Gehirn fast völlig windungslos ist. Die relativ kleine Schädelhöhle der Wale birgt ein sehr windungsreiches Gehirn.

Beim Menschen sind die individuellen Verschiedenheiten in der Ausbildung des Gehirns auffallend gross. Der Anatom E. Huschke (1797—1858) in Jena hat sehr viele Hirnwägungen ausgeführt[1]) und als Minimum des Hirngewichtes 880, als Maximum 1600 Grm. gefunden. Th. L. W. v. Bischoff[2]) wog 559 männliche und 347 weibliche Gehirne; er fand als Minimum für das männliche Gehirn 1018, für das weibliche 820, als Maximum für das männliche 1925, für das weibliche 1565 Grm. Als Durchschnitt berechnete er für das männliche Gehirn 1362, für das weibliche 1219 Grm.

Bei der Wägung des Gehirns geistig hervorragender Männer wurden Werthe gefunden, von denen die höchsten die angeführten Maxima übersteigen:

Byron's Gehirn wog	2238	Grm.
Cromwell	2233	„
Cuvier	1830	„
Abercrombie	1780	„
Dirichlet	1500	„

1) E. Huschke, „Schädel, Hirn und Seele". S. 58. Jena 1854.

2) Th. L. W. v. Bischoff, „Das Hirngewicht d. Menschen". Bonn. Neusser. 1880.

Gauss' Gehirn wog	1492 Grm.
Helmholtz[1])	1430 „
Franz Schubert	1420 „
Ignaz Döllinger	1207 „

Mit Ausnahme von Döllinger stehen diese Hirngewichte über dem Durchschnitte, aber bei sehr hervorragenden Denkern und Forschern wie Gauss nicht hoch über dem Durchschnitt. Es ist hierbei zu bedenken, dass Männer mit einseitiger Begabung das Höchste in ihrem Fache leisten können, dass der einseitigen Begabung vielleicht eine starke Entwicklung nur eines kleinen Theiles der Hirnrinde entspricht und im Gesammtgewichte nicht zur Geltung kommt. Es ist ferner zu bedenken, dass in den meisten Fällen das atrophische Gehirn von Greisen gewogen wurde, und dass man daraus nicht das Hirngewicht im Alter der höchsten geistigen Leistung erfährt. Es sollten auch die Dimensionen des Schädels berücksichtigt werden.[2])

Es ist darauf hingewiesen worden, dass die höchsten Hirngewichte auch bei unbedeutenden Menschen gefunden werden. Der Anatom Rudolphi fand ein Hirngewicht von 2222 Grm. in der Leiche eines Mannes, der sich im Leben durch nichts hervorgethan hatte. Auch diese Thatsache widerspricht nicht der Vermuthung, dass ein Zusammenhang zwischen Hirngewicht und Geistesgaben bestehe. Unter ungünstigen äusseren Bedingungen können auch die hervorragendsten Anlagen oft nicht zur Ausbildung gelangen.

Die grossen individuellen Verschiedenheiten der Hirnentwicklung äussern sich nicht bloss im Gesammtgewicht, sondern noch weit auffallender in der verschiedenen Ausbildung der einzelnen Theile, insbesondere der einzelnen Windungen der Hirnrinde. Auf diese Verschiedenheiten wird man in Zukunft sein Augenmerk richten müssen, wenn man über den Zusammenhang bestimmter psychischer Gaben mit der Ausbildung der einzelnen Hirntheile ins Klare kommen will. Den Anfang dazu hatte be-

1) David Hansemannn, Zeitschr. f. Psychologie u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 20. S. 2. 1899. Das Hirn von Helmholtz wog 1540 Grm. Es waren aber noch Blutgerinnsel darin, deren Gewicht Hansemann auf 100 bis 120 Grm. schätzte.

2) Vgl. P. J. Möbius, „Geschlecht und Kopfgrösse". Halle, Marhold. 1903.

reits Gall[1]) gemacht. In neuerer Zeit haben Rudolf Wagner[2]), N. Rüdinger[3]), Gustaf Retzius[4]), David Hansemann[5]), J. Guszman[6]) und Andere diese hochinteressanten und zu grossen Hoffnungen berechtigenden Forschungen fortgesetzt.

Die Zahlen der Tabelle auf S. 155 hatten uns in Uebereinstimmung mit den soeben erwähnten Wägungen Bischoff's einen Unterschied im Hirngewichte des Mannes und Weibes gezeigt. Das Weib hat ein niederigeres absolutes und ein höheres relatives Hirngewicht.[7]) Dieser Unterschied erklärt sich aus dem Haller'schen Gesetze (vergl. S. 157 u. 158) und gestattet keinen Schluss auf einen Unterschied in der Intelligenz der beiden Geschlechter. Wir finden denselben Unterschied bei den männlichen und weiblichen Affen, soweit die Bestimmungen reichen (vgl. oben auf die Tabelle auf S. 155, Macacus und Semnopithecus) und auch bei anderen Thieren, z. B. beim Kaninchen (vgl. S. 156).

Will man das Gehirn des Mannes und Weibes in Bezug auf die Entwicklung bestimmter Fähigkeiten vergleichen, so muss man ganz bestimmte Hirntheile ins Auge fassen, von denen vermuthet wird, dass ihre Entwicklung eine Bedingung bildet für die Entwicklung der betreffenden Fähigkeiten. Einen Anfang dazu hat Rüdinger[8]) gemacht.

---

1) Vgl. unten Vortrag 16.

2) R. Wagner, Göttinger Nachrichten. No. 16. 1860 und „Vorstudien zu einer wissenschaftlichen Morphologie und Physiologie des menschlichen Gehirns als Seelenorgans". Göttingen 1860.

3) N. Rüdinger, „Ein Beitr. z. Anatomie des Sprachcentrums". Stuttgart, Cotta. 1882 und „Ein Beitr. z. Anat. d. Affenspalte u. der Interparietalfurche beim Menschen". Bonn, Cohen. 1882.

4) Gustaf Retzius, Biol. Unters. Bd. 8. S. 1. 1898 und Bd. 9. S. 1. 1900.

5) D. Hansemann, l. c.

6) Josef Guszman, Anatomischer Anzeiger. Bd. 19. S. 239. 1901.

7) Diese der citirten Arbeit von Dubois entnommenen Zahlen sind Durchschnittswerthe, die für den Mann aus 25 Bestimmungen, für das Weib aus 33 Bestimmungen berechnet wurden. Bei anderen aus viel grösseren Bestimmungsreihen berechneten Durchschnittszahlen sind nahezu dieselben Werthe gefunden worden. Auch Bischoff (l. c.) fand das relative Hirngewicht des Weibes etwas höher als das des Mannes.

8) N. Rüdinger, l. c.

Zwölfter Vortrag.

Der Sitz des Bewusstseins. Fortsetzung.

Wir haben die Thatsachen kennen gelernt, aus denen hervorgeht, dass das bewusste Seelenleben im Gehirn sich abspielt. Jetzt tritt die weitere Frage an uns heran: in welchen Theilen des Gehirnes haben wir den Sitz der bewussten Functionen zu suchen? Sollen wir annehmen, das bewusste Seelenleben sei auf das Grosshirn oder gar ausschliesslich auf die Grosshirnhemisphären, auf ihre graue Rinde beschränkt — wie vielfach behauptet wird —, oder haben wir Gründe zu vermuthen, dass auch in anderen Theilen des Gehirnes bewusste Functionen auftreten?

Bei der Beantwortung dieser Frage macht sich eine divergirende Tendenz der materialistischen und der idealistischen Naturbetrachtung geltend. Die Idealisten haben das Bestreben, sich die ganze Natur als beseelt vorzustellen. Sie suchen überall nach seelischen Functionen; sie können nicht glauben, dass diese auf einen Theil des Grosshirnes beschränkt seien. Sie suchen darnach in jedem Organ, in jeder Zelle. Denn wo kommt denn das Seelenleben her? Es vererbt sich doch mit einer einfachen Zelle. Alle psychischen Eigenschaften vererben sich mit der Eizelle oder der Samenzelle. Nach Vereinigung derselben gehen durch fortgesetzte Theilung aus der einen Zelle alle anderen, alle Gewebe und Organe hervor, auch das Hirn, auch das Grosshirn. Und wie die ontogenetische, so geht auch die phylogenetische Entwicklung von der einfachen Zelle aus. Es steckt also doch schon in der einfachen Zelle etwas drin, was entweder aus psychischen Qualitäten besteht oder in solche sich umwandelt. Warum sollen wir also im ausgewachsenen Menschen diese Qualitäten, die wir der einfachen Eizelle zusprechen, nur in der Rinde des Gross-

hirnes suchen, warum nicht auch im Rückenmark, im Sympathicus, warum nicht schliesslich in allen Geweben und Organen, in jeder Zelle?

Ganz anders denken die Anhänger der materialistischen Schule. Die psychischen Functionen sind ihnen etwas Unbequemes. Sie wollen ja Alles mechanisch erklären. Es soll auch in unserem Organismus nichts anderes zu finden sein als Atome und Bewegung. Nun sehen sie aber doch sehr wohl, dass sich die psychischen Qualitäten nicht als Bewegungen deuten lassen. An den verschiedenen Bewegungen unterscheiden wir nie etwas Anderes als verschiedene Richtungen und verschiedene Geschwindigkeiten. *Keine Combination von Richtung und Geschwindigkeit aber kann je eine psychische Qualität hervorbringen, auch nur die einfachste der Empfindungen, die in unser Bewusstsein tritt.* Deshalb schieben die Marterialisten die unbequemen Seelenfunctionen bei Seite. Sie lehren, auch im Centralnervensystem sei Alles nur Schwingung der Atome, nur Reflexbewegung, nur Mechanik. Bloss in einem Theile des Hirnes, dort in der grauen Substanz eines Theiles der Grosshirnrinde, dort gehe etwas vor, was man vorläufig noch nicht erklären könne. Aber es sei ja nur eine Frage der Zeit. Ueber kurz oder lang werde es sich ja doch zeigen, dass auch dieses nur Mechanik sei, nur „eine complicirtere Art des Reflexes".

Lassen wir also alle vorgefasste Tendenz bei Seite und prüfen wir objectiv die Thatsachen. Sehen wir zu, was das Experiment uns lehrt. Was wird geschehen, wenn wir den nach Ansicht der Materialisten ausschliesslichen Seelensitz entfernen, wenn wir das Grosshirn exstirpiren? Wird das Thier am Leben bleiben? Und wenn es leben bleibt, haben wir dann ein Leben ohne Seelenleben vor uns? Oder ein Leben ohne bewusstes Seelenleben? Giebt es auch ein unbewusstes Seelenleben?

Ich übergehe die älteren Arbeiten, die Sie in allen Lehrbüchern besprochen finden, und wende mich gleich zu den neuesten Exstirpationsversuchen, die mit Aufbietung aller Hülfsmittel der heutigen chirurgischen Technik und aseptischen Wundbehandlung ausgeführt sind und daher zu wesentlich anderen Ergebnissen geführt haben als die früheren Versuche. Wir beginnen mit den Versuchen an **Kaltblütern** und zwar zunächst an den niedrigsten, den **Fischen.**

Die eingehendsten Experimente über das Verhalten grosshirn-

loser Fische verdanken wir dem Physiologen J. Steiner[1]). Dieser führte auf der zoologischen Versuchsstation in Heidelberg Versuche an einem Cyprinoïden (Squalius cephalus) aus.

Um ausserhalb des Wassers operiren zu können, wurde wäh-

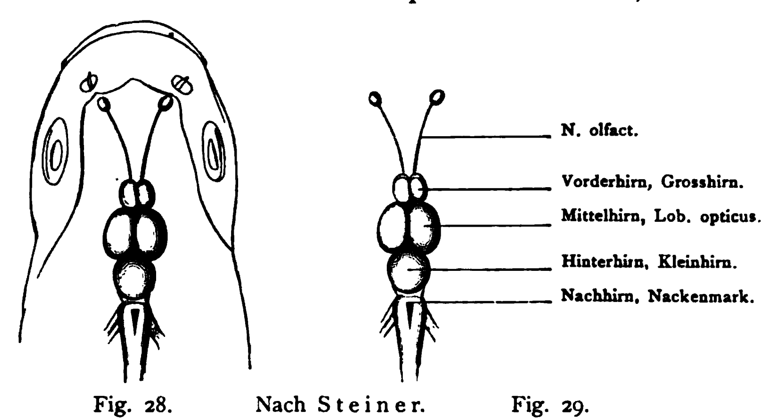


Fig. 28. Nach Steiner. Fig. 29.

rend der Operation den Fischen mit einem Kautschukschlauch Wasser in den Rachen geleitet; es wurden also die Kiemen be-

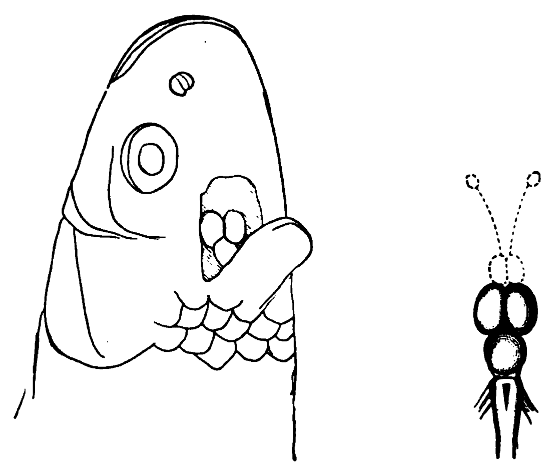


Fig. 30. Nach Steiner. Fig. 31.

ständig mit sauerstoffhaltigem Wasser umspült. So verhielten sich die Thiere vollkommen ruhig. Die Schädeldecke wird abge-

1) J. Steiner, Sitzungsber. d. Berliner Ak. Jahrg. 1886. I. S. 5 u. II. S. 1133 und „Die Functionen des Centralnervensystems und ihre Phylogenese". II. Die Fische. Braunschweig, Vieweg & Sohn. 1888.

brochen, bleibt aber am hinteren Umfang durch die Haut mit dem Körper im Zusammenhang (Fig. 30). Darauf wird das ganze Grosshirn mit dem Riechlappen, also der ganze Abschnitt des Gehirnes, welcher vor den sogenannten Lobi optici liegt, abgetragen[1]) (der abgetragene Hirntheil ist auf Fig. 31 durch die gestrichelte Linie angegeben). Die Blutung war gering. Darauf wird die Schädeldecke genau in die normale Lage eingefügt und die Hautwunde zusammengenäht. Um das Eindringen von Wasser zu verhüten, wurden die Schnittränder mit Gelatine überzogen und die Gelatine durch Bepinselung mit Tanninlösung gegen Wasser widerstandsfähig gemacht.

Die so operirten Thiere zeigen, in's Wasser gebracht, schon unmittelbar nach der Operation gar keine Störung in ihrem Verhalten; sie schwimmen wie normale Fische und zeigen wie diese eine Abwechselung von Ruhe und Bewegung. Sie scheinen normal zu sehen, denn sie weichen allen Hindernissen aus. Ein bis drei Tage wurden die Fische ungestörter Ruhe überlassen. Wenn man nach Ablauf dieser Zeit ihnen „einen Regenwurm zuwirft, so schiessen sie auf denselben zu, erfassen ihn mit ihrem Maul und verschlingen ihn". „Wirft man den Regenwurm an eine Stelle des Aquariums, welche im Augenblick nicht im Gesichtskreise des Fisches liegt, so findet er ihn bei der nächsten Wendung, durch welche jener in seinen Gesichtskreis gelangt, und um so rascher, je lebhafter die Bewegungen des Regenwurms sind. Lässt man einen Bindfaden von ungefähr den Dimensionen des Regenwurmes in's Wasser fallen, so schiesst der Fisch ebenfalls auf den Faden los, fasst ihn mit dem Maul, um ihn sogleich wieder fahren zu lassen, oder wendet schon kurz, bevor er ihn erreicht hat".

Steiner hat drei so operirte Thiere 6 Wochen lang beobachtet. — Die Nähte fallen aus, und das Schädeldach scheint fest eingeheilt. — Nach 6 Wochen verunglückte einer der Fische durch nächtliches Herausspringen aus dem Bassin. Die beiden anderen erlagen 4 $^1/_2$ Monate nach der Operation einer Pilzinvasion. In allen drei Fällen ergab die Autopsie die tadellose Abtragung des Grosshirnes. Eine Regeneration war nicht eingetreten.

Als einer der Fische nach 4 Wochen keine Regenwürmer mehr fressen wollte, warf Steiner eine lebende Küchenschabe (Peri-

1) Steiner l. c. Die Fische. S. 15—17.

planeta orientalis) auf die Oberfläche des Wassers: Der Fisch „holte dieselbe mit zierlich gewandter Bewegung von der Oberfläche". Warf Steiner 4 weisse und eine rothe Oblate auf die Oberfläche, so wählte der Fisch regelmässig zuerst die rothe und erst nachher die weissen. Wurde dem Fische ein Wurm mit der Pincette hingehalten, so schwamm er heran, hielt vor dem Wurm, betrachtete ihn aufmerksam, „wie man an seinen Augenbe-



Fig. 32. Nach Steiner.

wegungen sehen konnte", nahm ihn aber nicht. Befestigte man aber den Wurm an einem längeren Faden, den man ihm zuwarf, indem man selbst vom Bassin zurücktrat, so verschluckte er den Wurm sammt dem Faden. Wurde ein grosshirnloser Fisch mit einem normalen in's Bassin gebracht, so spielten sie miteinander wie zwei unversehrte Thiere.

Die Mechanisten sagen: das ist alles nur „Reflex"; ein Thier ohne Grosshirn hat kein Bewusstsein, keine „Spontaneïtät". Nun,

wenn man die Spontaneïtät durchaus leugnen will — mathematisch beweisen lässt sie sich nicht. Es lässt sich aber auch nicht mathematisch beweisen, dass ein normaler Fisch spontane Bewegungen ausführe und Bewusstsein habe.

Die Mechanisten verfallen immer wieder in den Fehlschluss, dass dort, wo sie einen Reflex beobachten, kein Bewusstsein vorhanden sei. Die Reflexe, die wir an uns selbst beobachten, sind meist mit bewussten Vorgängen, mit Empfindungen und Vorstellungen nothwendig verknüpft. Wer hustet denn ohne es zu merken? Wer niest denn ohne es zu merken? Wer schliesst beim Berühren der Cornea das Auge ohne es zu empfinden? Wer erröthet oder erblasst ohne sich dessen bewusst zu werden? Wenn

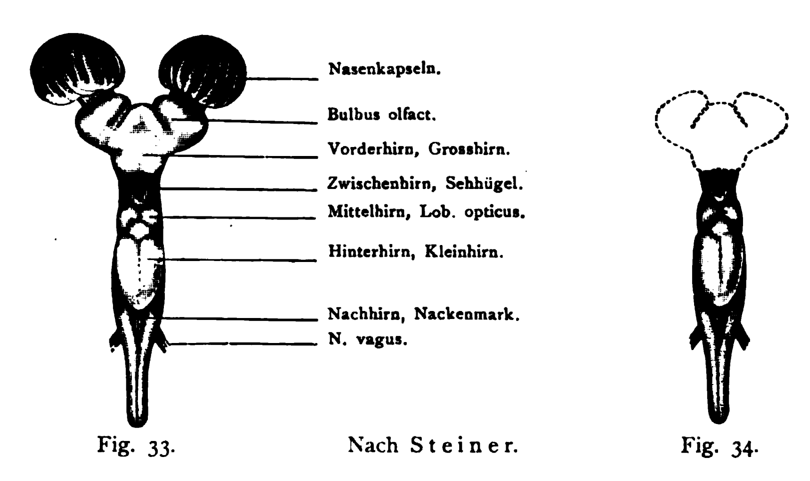


Fig. 33. Nach Steiner. Fig. 34.

wir also bei niederen Thieren Reflexe beobachten, so können wir mit mehr Wahrscheinlichkeit vermuthen, dass sie Bewusstsein haben, als dass sie kein Bewusstsein haben. Wir müssen die Möglichkeit zugeben, dass auch die elementarsten Erscheinungen der „Chemotaxis" und des „Heliotropismus" bei den niedrigsten Organismen mit bewussten Empfindungen sich associiren. Wo wir aber vollends ausgebildete Sinnesorgane beobachten, da sind wir zu dem Analogieschlusse berechtigt, dass diese Organe bewusste Empfindungen vermitteln und nicht blos unbewusste Reflexe.

Wir müssen vor Allem an unserem eigenen Organismus den Zusammenhang zwischen den blos mit äusseren Sinnen erkennbaren Vorgängen und den durch Selbstbeobachtung erkennbaren erforschen. Je vollkommener dieser Zusammenhang erkannt ist,

desto mehr werden wir im Stande sein, durch Analogieschlüsse einen Einblick zu gewinnen in das Seelenleben der Thiere. Zwischen einem Analogieschlusse aber und einem inductiven Beweise besteht keine scharfe Grenze.

Die Versuche Steiner's hat der französische Forscher Vulpian[1]) an einer anderen Cyprinoïdenart, an Karpfen wiederholt und bestätigt; auch Vulpian sah nach Abtragung des Grosshirnes die spontane Locomotion und Nahrungsaufnahme fortbestehen. Er beobachtete die operirten Thiere 6 Monate lang. Trat er an das Bassin heran, so schwammen die grosshirnlosen Karpfen mit den normalen zusammen auf ihn zu und schnappten nach dem zugeworfenen Futter — geronnenem Eiweiss —; sie folgten den fallenden Stücken und balgten sich darum mit den normalen Fischen; sie durchsuchten darauf den Boden des ganzen Bassins nach etwa noch übrig gebliebenen Stücken.

Steiner hat während seines Aufenthaltes in Neapel die gleichen Exstirpationsversuche an Selachiern ausgeführt.[2]) Diese verhielten sich anders als die Knochenfische. Zwar sind alle Bewegungen des grossgehirnlosen Haifisches ungestört, er nimmt aber spontan keine Nahrung auf. Die Fig. 34 zeigt die Schnittrichtung, in der die Abtragung des Grosshirnes an dem Katzenhai (Scyllium catulus) vollzogen wurde. Der durch die punktirte Linie begrenzte Theil des Hirnes war exstirpirt worden. Dieselbe Unfähigkeit zur spontanen Nahrungsaufnahme wurde aber auch nachgewiesen nach blosser Durchschneidung der Verbindungen der Bulbi olfactorii mit dem Vorderhirn. Ein Vergleich der Abbildungen Fig. 28 und Fig. 32 zeigt, dass das Geruchscentrum beim Selachier auffallend viel stärker entwickelt ist als beim Teleostier. Es scheint also, dass der Selachier seine Beute hauptsächlich mit Hülfe des Geruchssinnes findet, der Teleostier mit Hülfe des Gesichtssinnes. Dieser Unterschied lässt sich auch durch Beobachtung der normalen Thiere feststellen. Steiner schildert denselben mit folgenden Worten:

„Wir stehen vor einem Haifischbassin im Aquarium der zoologischen Station, von dem drei Wände durch Felsstücke gebildet werden, zwischen denen Grotten und Höhlen bleiben, in welche die Haifische besonders gern hineinschlüpfen. Wir sehen daher

1) Vulpian, Comptes rendus. 1886. T. 102. p. 1526 et T. 130. p. 620.
2) Steiner l. c. Die Fische. S. 47 ff.

in dem Bassin selbst, neben einigen kleineren Teleostiern, nur da und dort einen kleinen Hunds- oder Katzenhai unbeweglich, wie schlafend, in einer Ecke auf dem Sande liegen, so dass im Ganzen wenig Leben in dem Bassin herrscht. Auf ein Zeichen fallen aus den Händen des Wärters ein halb Dutzend todter Sardinen in die Mitte des Bassins: da kommt Bewegung in die Scene, die steinernen Wände werden lebendig, aus allen Vertiefungen derselben tauchen Haifische bis zu $^1/_2$ m Länge auf und gerathen anscheinend planlos untereinander. Während die kleineren, nur 16 cm langen Teleostier sich geradeaus, wie man deutlich sehen kann, auf ihre Beute stürzen, thut gleiches kein Haifisch, sondern sie umkreisen sämmtlich die wohlriechende Beute in Kreisen, die immer enger werden, bis sie endlich geradezu mit dem Maule auf die Sardinen aufstossen, um sie nunmehr zu verschlingen. Es ist so sehr hierbei nur der Geruchssinn betheiligt, dass sie es nicht abzuwehren vermögen, wenn die halb aus dem Maule noch hervorragende Sardine ihnen von den gut sehenden und kühnen Teleostiern, die ihnen an Länge so weit nachstehen, entrissen wird. Es ist allein der Geruch, welcher bei Tage den Haifisch zu seiner Beute führt!"[1])

„Die Haifische, wenigstens alle diejenigen, welche man lebend in Neapel zu Gesichte bekommt, sind tagsüber blind. Ihre Pupille ist nämlich auf einen haarfeinen Spalt contrahirt, durch den kein Licht in die Augen gelangen kann."[2])

Ueber die Folgen der Exstirpation des Grosshirnes bei **Amphibien** begegnet man in der Litteratur sehr verschiedenen Angaben. Die älteren Angaben über Ausfallerscheinungen aller Art verdienen kein Vertrauen. Je sorgfältiger die Operation ausgeführt wird, je besser die operirten Thiere gepflegt werden, und je länger man sie am Leben erhält und beobachtet, desto unbedeutender sind die Ausfallerscheinungen. Die sorgfältigsten und eingehendsten Versuche an Fröschen hat in Goltz's Laboratorium zu Strassburg Max E. G. Schrader[3]) — ein leider früh verstorbener Physiologe — ausgeführt. Schrader exstirpirte Fröschen „beide Grosshirnhemisphären mit möglichster Schonung der Thalami optici". Solche Thiere konnte er kaum von

1) Steiner, l. c. S. 98. u. 99.
2) Steiner, l. c. S. 49 u. 50.
3) Max E. G. Schrader, Pflüger's Arch. Bd. 41. S. 75. 1887.

normalen unterscheiden; sie verliessen „spontan" auch den erschütterungssicheren Galvanometerpfeiler; sie wechselten ihren Land- und Wasseraufenthalt wie normale Thiere. Zum Beginn der Winterkälte gruben sie sich in die Erde oder verkrochen sich unter Steine. Mittelst einer Schraubenvorrichtung langsam in's Wasser gesenkt, begannen sie nicht früher und nicht später zu schwimmen als Thiere mit Grosshirn. Sie fingen sämmtliche sie in einer geräumigen Glasglocke umsummenden Fliegen.[1])

An **Reptilien** hat wiederum Steiner[2]) die sorgfältigsten Versuche ausgeführt. Hier zeigen sich, entsprechend der höheren Organisation, tiefer gehende Störungen nach Exstirpation des Grosshirns. Steiner führte diese Operation an ätherisirten Eidechsen (Lacerta viridis) aus. „Nach einem und mehreren Tagen findet man das Thier unbeweglich auf einem Platze, gleichsam wie schlafend, die Augenlider geschlossen oder sie von Zeit zu Zeit öffnend und wieder schliessend. Berührt man es, so öffnet es die Augen und erhebt sich lebhaft, um auf neue Berührung zu entfliehen." Die Bewegungen sind normal, Hindernisse umgeht das Thier ausnahmslos, aber es zeigt keine Furcht, läuft auf den Beobachter zu, was ein normales Thier niemals thut, und drohende Geberden schrecken es nicht. Es scheint also, dass das Thier sieht, das Gesehene aber nicht zu einem Urtheil verwerthen kann. Spontane Nahrungsaufnahme hat Steiner nicht beobachtet — vielleicht nur, weil die Beobachtungen nicht lange genug fortgesetzt wurden —. Ueberhaupt darf man niemals ohne Weiteres schliessen, dass alle ausgefallenen Functionen in dem exstirpirten Hirntheile ihren Sitz hatten. Es ist zu bedenken, dass die Exstirpation auch auf die zurückgebliebenen Organe störend einwirkt und ihre Functionen hemmt oder sonst irgendwie beeinträchtigt. Es kommt vor — und wir werden später solche Beobachtungen besprechen —, dass eine ausgefallene Function nach einiger

---

1) Diese Angabe über die freiwillige Nahrungsaufnahme ist neuerdings von C. von Monakow („Gehirnpathologie". Wien, Hölder. 1897. S. 147) bestritten worden. Ich habe die Zweifel einer so gewichtigen Autorität nicht verschweigen wollen, glaube aber dennoch vorläufig aus den angeführten Gründen der positiven Aussage mehr Werth beimessen zu müssen als der negativen.

2) J. Steiner, Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1886. 2. S. 539. „Die Functionen des Centralnervensystems und ihre Phylogenese". Vierte Abtheilung. Braunschweig, Vieweg & Sohn. 1900.

Zeit wieder auftritt, weil das zurückgebliebene, aber durch die Operation geschädigte Organ sich allmählich wieder erholt.

Wir werden also stets zu unterscheiden haben: 1. Reizerscheinungen, 2. Hemmungserscheinungen, 3. Ausfallerscheinungen und 4. Resterscheinungen. Die werthvollsten Versuche sind die, welche 1. die meisten Resterscheinungen aufweisen und die wenigsten Ausfallerscheinungen, und bei welchen 2. am längsten die Operation überlebt wird. Je länger eine Ausfallserscheinung beobachtet wird, desto grösser ist die Wahrscheinlichkeit, dass die ausgefallene Function im exstirpirten Organe ihren Sitz hatte.

Wenn Steiner nicht das ganze Grosshirn bei den Eidechsen abgetragen hatte, sondern nur die Decke, und die Basis geschont hatte, so blieben die spontanen Bewegungen und die spontane Nahrungsaufnahme erhalten. Ja, es genügte, nur die hintere Abtheilung der Basis übrig zu lassen, um die genannten zwei Functionen zu erhalten.

Bei den Versuchen an **Vögeln** ergiebt die Exstirpation des Grosshirnes ähnliche Resultate wie bei den Reptilien. Ich übergehe die älteren Arbeiten, insbesondere die berühmten Versuche von Flourens, die in allen Lehrbüchern beschrieben sind. Erwähnen will ich nur, dass die bereits im Jahre 1842 veröffentlichten Experimente des französischen Physiologen Longet[1]) (1811—1871) nahezu die gleichen Resultate ergeben haben, wie die in neuester Zeit mit allen Hülfsmitteln der modernen Chirurgie in Goltz' Laobratorium zu Strassburg ausgeführten Exstirpationsversuche von Schrader[2]). Schrader wie Longet trugen Tauben die Grosshirnhemisphäre mit Schonung der Thalami optici ab. Die Thiere verfielen im Anfang in einen schlafähnlichen Zustand, der aber nie länger als 3—4 Tage dauerte. Darauf führten sie Bewegungen aus, die beide Forscher für spontan halten mussten. Sie gingen, kletterten, flogen und wichen allen Hindernissen geschickt aus. Setzt man eine grosshirnlose Taube auf die Hand und bewegt sie auf und ab, so balancirt sie eine Zeit lang, und plötzlich fliegt sie auf und einem Gegen-

1) F. A. Longet, Traité d'anatomie et de physiologie du système nerveux de l'homme et des animaux vertébrés. 1842.

2) Schrader, Pflüger's Arch. Bd. 44. S. 175. 1889. Dort findet sich die ganze frühere Litteratur über das Vogelhirn zusammengestellt.

stande zu, auf dem sie sich geschickt niederlässt. Sie scheint sich also einen bestimmten, bequemen Ruhepunkt auszusuchen und diesem zuzustreben.

Die grosshirnlosen Tauben zeigten einen regelmässigen Wechsel von Schlaf und Wachen; sie schliefen des Nachts und erwachten von selbst aus dem Schlafe; sie rüsteten sich zum Schlafe wie normale Thiere, putzten sich u. s. w.

Dass die Thiere sahen, constatirte Longet auch noch dadurch, dass sie einem Lichte mit dem Kopfe folgten. Das Licht wurde in einem sonst dunklen Zimmer in hinreichend grosser Entfernung, um Wärmeeindrücke auszuschliessen, um die Thiere bewegt.

Dass die Thiere hörten, wurde daraus geschlossen, dass sie auf den Knall eines Gewehrschusses die Augen öffneten, den Hals vorstreckten und den Kopf hoben. Gegen diese Deutung lässt sich einwenden, dass die Schallwellen durch den Tastsinn wahrgenommen wurden. Die langen elastischen Federn konnten durch die Luftwellen in Schwingungen gerathen. Jede Feder wirkt wie ein zweiarmiger Hebel. Der längere Arm wird in Schwingungen versetzt, der kürzere Arm steckt in der Haut und ist von empfindlichen Nervenfasern umsponnen. Schrader sah beim Knall eines Zündhütchens einige Thiere zusammenschrecken, aber nicht alle. Sonstige Reactionen auf Schallwellen sind nicht beobachtet worden.

Auf den Geschmackssinn konnte nicht geprüft werden, weil auch bei normalen Tauben dieser Sinn wenig entwickelt scheint. Tauben fressen Körner aus einer gesättigten Lösung von Kochsalz oder von Chininum muriaticum ohne Anstand. Nichts verräth, dass sie diese Flüssigkeit von Wasser unterscheiden.

Die Fähigkeit, von selbst zu fressen, erlangten die grosshirnlosen Tauben, so lange sie beobachtet wurden, nicht wieder.

Der Geschlechtstrieb ist bei den grosshirnlosen Tauben erhalten; die Thiere sind aber nicht im Stande, ihn zu befriedigen. Schrader sah zwei grosshirnlose Täuber mit ganz den Allüren des Werbens lebhaft gurrend fast den ganzen Tag sich im Zimmer umhertreiben, Wochen lang. „Setzt man aber ein Weibchen zum Täuber, so bleibt es unbeachtet.“ Das grosshirnlose Weibchen seinerseits reagirt niemals auf das Locken des Täubers. Es zeigt

auch kein Interesse für die Jungen. „Die eben flügge gewordenen Jungen verfolgen die Mutter, unaufhörlich nach Futter schreiend, sie könnten ebenso gut einen Stein um Nahrung bitten."

„Für das entgrosshirnte Thier ist jedes Ding nur eine Raum erfüllende Masse, es geht einer anderen Taube ebenso aus dem Wege wie einem Stein oder versucht über beide hinwegzusteigen. Uebereinstimmend geben alle Autoren an, dass sie niemals bei ihren Thieren einen Unterschied gefunden, ob ein lebloser Körper oder eine Katze, ein Hund, ein Raubvogel dem Thiere im Wege stand; es hat keine Feinde und keine Freunde, in grösster Gesellschaft lebt es als Einsiedler."[1])

Säugethiere nach Exstirpation des Grosshirnes am Leben zu erhalten, galt bis auf die neuere Zeit für undurchführbar. Man meinte, die Thiere müssten durch Verblutung zu Grunde gehen. Einer der Ersten, dem es gelang, grosshirnlose Säugethiere zu beobachten, war Arthur Christiani.[2]) Er exstirpirte Kaninchen ohne Narkose beide Grosshirnhemisphären und die Streifenhügel.[3]) „Die Thiere sassen unmittelbar nach der Operation da, wie normale Thiere zu sitzen pflegen, und ergriffen wie solche die Flucht, wenn man sie, namentlich an den hinteren Extremitäten festzuhalten suchte. Schon beim Losbinden vom Kaninchenbrett benahmen sie sich sehr ungeberdig und suchten zu entfliehen. Die Thiere verfielen leichter in Schlaf als nichtenthirnte." Aber aus diesem Schlafe wachten sie von selbst auf. Lebhaft aufgeschreckt wurden sie aus dem Schlafe durch Knalle und Pfiffe. Beim Umhergehen zeigten sie in den bestgelungenen Fällen durchaus nichts Abnormes: sie wichen Hindernissen aus, sie erkletterten und ersprangen Anhöhen. Hermann Munk[4]) hat die Angaben Christiani's nicht bestätigen können. Weder konnte er sich davon überzeugen, dass seine grosshirnlosen Kaninchen sahen, noch, dass sie spontane Bewegungen ausführten. Auch gelang es ihm

1) Schrader, l. c. S. 230.

2) A. Christiani, „Zur Physiologie des Grosshirns". Berlin, Enslin. 1885. Die erste Mittheilung in der physiologischen Gesellschaft zu Berlin am 14. Jan. 1881. Vgl. auch Gudden, Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie. Bd. 42. S. 484. 1886 und Herm. Munk, Sitzungsber. d. preuss. Ak. d. W. zu Berlin. Jahrg. 1889. S. 627ff.

3) Die Methode ist genau beschrieben l. c. S. 53.

4) Herm. Munk, Sitzungsberichte der königl. preussischen Akad. d. Wissensch. zu Berlin. Jahrg. 1884. Erster Halbband. S. 549.

nie, die Kaninchen nach dieser Operation länger als 2 Tage am Leben zu erhalten.

Die Kaninchen sind so unintelligente, stumpfe Thiere, dass an ihnen die Folgen der Grosshirnentfernung nicht deutlich zu Tage treten. Deshalb war es ein wesentlicher Fortschritt, als es Goltz nach endlosen Mühen und Vorarbeiten schliesslich gelang, Hunde nach dieser Operation am Leben zu erhalten. Junge, kräftige Hunde überstanden die Operation trotz der unvermeidlichen starken Blutungen.

Im Jahre 1892 theilte Goltz[1]) mit, dass es ihm gelungen sei, 3 Hunde nach vollständiger Entfernung beider Grosshirnhemisphären sammt den vorderen Abschnitten der Streifenhügel am Leben zu erhalten. Nur die basale Spitze des Schläfenlappens, den Uncus, hatte Goltz übrig lassen müssen, um den Sehnerven zu schonen. Zwei dieser Thiere lebten 51 und 92 Tage. ***Der dritte Hund lebte 18 Monate und wurde bei voller Gesundheit getödtet.*** Das frische Hirn wurde in oberer und unterer Ansicht gezeichnet, und diese beiden Abbildungen wurden der Mittheilung in Pflüger's Archiv beigefügt. Darauf wurde das Hirn dem bekannten Hirnanatomen Edinger in Frankfurt a. M. zur genaueren Untersuchung übergeben.

Edinger[2]) bestätigt die Angaben von Goltz. Von den Grosshirnhemisphären ist nichts erhalten als „eine Spur von Rinde, dem Trigonum olfactorium angehörig", „Reste des Ammonshornes einer Seite" und der „Uncus des Schläfenlappens beiderseits", die Goltz übrig lassen musste, weil er den Sehnerv schonen wollte. Dieses ist nur auf der rechten Seite geglückt. Auf der linken Seite ist das Corpus geniculatum laterale entfernt und der Sehnerv zur Atrophie gebracht, während er auf der anderen Seite erhalten blieb. Der Balken und das Corpus fornicis fehlen. Der Nucleus lentiformis ist beiderseits fast völlig mit den Hemisphären abgetrennt, das Corpus striatum theilweise zerstört. „Der Thalamus

1) Goltz, Pflüger's Arch. Bd. 51. S. 570. 1892. Die früheren Arbeiten von Goltz über die Verrichtungen des Grosshirns finden sich in seinen „Gesammelten Abhandlungen". Bonn 1881 (4 Abhandlungen aus Pflügers's Arch.). Die fünfte Abhandl. findet sich in Pflüger's Arch. Bd. 34. S. 450. 1884 und die sechste Abhandl. Bd. 42. S. 419. 1888.

2) Edinger, Verhandlungen des XII. Congresses für innere Medicin in Wiesbaden 1893. S. 350.

ist beiderseits vorhanden, aber seine Kerne sind nur im hinteren Theile erhalten, im vorderen auf das hochgradigste atrophirt." Das Mittelhirn ist wenig verändert. Im Rückenmark fehlen nur die Pyramidenbahnen und „einige wenige Fasern im Bereiche der Hinterseitenstränge".

Den so verstümmelten Hund ein und ein halbes Jahr am Leben und gesund zu erhalten, war Goltz nur dadurch möglich geworden, dass er über ein durch 20 jährige Vorarbeit in der Pflege der hülflosen Thiere wohlgeschultes Wartepersonal verfügte.

Es dauerte lange, bis der Hund sich von der Operation erholte. Er musste anfangs künstlich gefüttert werden, ***gewann aber allmählich die Fähigkeit wieder, Fleischstücke aufzuschnappen und in normaler Weise zu zerkauen und zu verschlingen, ebenso Milch zu lecken.*** Die Nahrung musste ihm aber dicht an die Schnauze gebracht werden. Denn den Geruchssinn musste er ja vollständig verloren haben — der Tractus olfactorius war ja exstirpirt. — Daher blieb der Hund auch ganz theilnahmlos, wenn man ihm einen anderen Hund oder eine „stark duftende Katze" vor die Nase hielt. Dagegen war der Geschmackssinn erhalten: Fleischstücke, die mit Chininlösung oder Coloquinten-Tinctur getränkt waren, spie er wieder aus. Dabei trat Kräuselung der Haut über der Nase ein. Besonders leckere Bissen verzehrte er mit grösserem Eifer.

War der Hund lange nicht gefüttert worden, so ging er immer unruhiger in seinem Käfige umher und streckte rhythmisch die Zunge heraus. Bisweilen gesellten sich dazu Kaubewegungen. Am Ende des Lebens wurde sogar ein paar Mal beobachtet, dass er Laute der Ungeduld von sich gab, wenn er hungrig war, und dass er endlich mit den Vorderfüssen auf den Rand seines Käfigs stieg. Gab man ihm Fleischstücke, so frass er anfangs gierig, dann immer langsamer. Endlich, wenn er ca. 500 g Fleisch und 250 g Milch erhalten hatte, weigerte er sich, mehr zu schlucken. Steckte man ihm trotzdem gewaltsam Stücke in's Maul, so liess er sie jedesmal ungekaut fallen.

Der Hund zeigte einen regelmässigen Wechsel von Schlaf und Wachen wie ein normaler Hund. Nach reichlicher Mahlzeit in seinen Käfig zurückgelegt, rollte er sich zusammen und schlief fest ein. Dass er schläft, erkennt man an den geschlossenen Augen, dem regelmässigen Athem, der Regungslosigkeit der Glie-

der und des Kopfes. Niemals aber wurden Zeichen des Traumes beobachtet. Der Schlaf war von kürzerer Dauer als bei normalen Hunden. Das ist beachtenswerth. Es scheint, dass es vorzugsweise das Grosshirn ist, welches der langen Erholung bedarf. Ich komme auf diesen Punkt noch zurück.

Aufwecken konnte man den grosshirnlosen Hund durch starke Schalleindrücke, namentlich durch die Töne eines Nebelhornes. Dabei schüttelte er die Ohren. Es war dafür gesorgt worden, dass die Schallwellen nicht direct das Thier treffen konnten. Er schüttelte die Ohren selbst dann, wenn das Nebelhorn im Nebenzimmer angeblasen wurde. Dieses Schütteln der Ohren erfolgte auch im wachen Zustande. Bisweilen fuhr er sich mit den Vorderpfoten an's Ohr, als wollte er sich das Ohr zustopfen. Der Gehörsinn schien also nicht ganz erloschen zu sein.

Auch der „Tastsinn" schien erhalten zu sein. Der Hund konnte durch starke Tasteindrücke, durch Kneifen aus dem Schlafe aufgeweckt werden. Fasste man ihn unsanft am Fell, so knurrte er oder quiekte, bellte je nach der Stärke des Reizes, und schnappte nach der Hand. Fasste man die linke Hinterpfote, so krümmte er die ganze Wirbelsäule nach links und schnappte nach links hin. Fasste man die rechte Pfote, so krümmte er sich ebenso nach rechts. Dabei aber traf er nur selten die Hand.

Goltz braucht den Ausdruck Tastsinn. Genau genommen beweisen die Beobachtungen blos, dass von den vielen von der Haut ausgelösten Empfindungen vielleicht nur das Schmerzgefühl oder vielleicht nur das Gemeingefühl der Unlust erhalten waren, streng genommen aber auch nicht einmal dieses. Die Möglichkeit ist zuzugeben, dass dem Hunde das Kneifen gar nicht zum Bewusstsein kam, und dass das Schnappen nur ein Reflex war. Flechsig[1]) beobachtete eine menschliche Missgeburt, „bei welcher nur die niederen Hirntheile bis einschliesslich des unteren Vierhügels ausgebildet waren. Trotzdem lebte das Kind $1\,^1/_2$ Tag und gab während dieser Zeit allerhand Zeichen von Unbehagen von sich. Es wimmerte gelegentlich leise, und dieses Wimmern sowie allerhand Bewegungen der Extremitäten wurden lebhafter, sobald man die Haut kniff". Ich will natürlich weder behaupten,

1) Paul Flechsig, „Gehirn u. Seele". Leipzig, Veit & Comp. 1896. S. 49. Anmerk. 12. Vgl. Wilh. Sternberg, Zeitschr. f. Psychologie u. Physiologie der Sinnesorgane. Bd. 27. S. 77. 1902.

dass dieses Kind keine Empfindung hatte, noch dass der grosshirnlose Hund Tastempfindungen hatte. Die Frage bleibt unentschieden.

Ich erwähnte bereits, dass bei dem Goltz'schen grosshirnlosen Hunde der Geruchssinn erloschen war. Dagegen waren die Trigeminusfasern der Nasenschleimhaut noch deutlich erregbar. Das Thier konnte aus dem Schlafe geweckt werden durch Einblasen von Tabaksdampf in die Nase. Auch konnte dadurch der Niesreflex ausgelöst werden. Gegen Ammoniak und Aetherdämpfe machte er Abwehrbewegungen.

Ob vom Gesichtssinn noch etwas erhalten war, blieb unentschieden. — Dass höchstens die eine Hälfte der Retina jedes Auges noch Licht percipiren konnte, hatte ja, wie erwähnt, die Section ergeben. — Fiel plötzlich grelles Licht auf die Augen, so schloss er sie und wandte in einigen — seltenen — Fällen sogar den Kopf ab. Dieses kann aber auch als Reflex vom Opticus oder Trigeminus auf den Facialis und Accessorius gedeutet werden. Jedenfalls erkannte er weder Menschen noch Thiere. Drohende Geberden schreckten ihn nicht. Fremde Thiere, in seinen Gesichtskreis gebracht, machten keinen Eindruck. Auch konnte Goltz sich nicht davon überzeugen, dass er mit Hülfe des Gesichtssinnes in den Weg gestellte Hindernisse vermieden hätte.

Die Pupillen beider Augen reagirten auf Lichteindrücke durch lebhaftes Zusammenziehen.

In Bezug auf Verwerthung der Sinne wurde also der Hund von Schrader's grosshirnlosen Tauben weit übertroffen. Nur in dem Vermögen selbständiger Nahrungsaufnahme war er ihnen überlegen.

Die Locomotion des grosshirnlosen Hundes schien wenig gestört zu sein. Schon am dritten Tage nach der Operation ging er im Zimmer umher. Nur die Musculatur des Hinterkörpers war und blieb etwas geschwächt. Als der Hund sich eine Hinterpfote verletzt hatte, hinkte er unter freiwilliger dauernder Hebung des wunden Beines auf drei Beinen herum bis zur Ausheilung der Wunde, die „eine Anzahl von Tagen" erforderte. Eine feine Regulirung in den Coordinationscentren war also erhalten.

Der Hund zeigte Aeusserungen des Zornes, wie ich bei Besprechung des Tastsinnes erwähnte, aber niemals Aeusserungen der Freude: auf freundliches Streicheln erfolgte niemals

Schwanzwedeln. Er schien keine Erinnerungsbilder zu haben. Er war nur noch „ein Kind des Augenblickes". Dafür sprach schon das erwähnte Fehlen von Zeichen des Traumes. Es sprach dafür ferner der jedesmalige Wuthausbruch, wenn man ihn aus dem Käfig hob, um ihn zu füttern: er knurrte und biss um sich. Er erinnerte sich also nicht, dass es nun an's Fressen gehe. Alle seine Bewegungen erschienen nur als Reactionen auf augenblickliche Sinneseindrücke.

Es ist nicht zu bezweifeln, dass dieser grosshirnlose Hund lange nicht alle Fähigkeiten gezeigt hat, die bei vervollkommneter Methode der Exstirpation und späteren Behandlung zu erhalten wären und vielleicht bei künftigen Versuchen hervortreten werden.

Goltz wurde durch alle erwähnten Beobachtungen zu der Ueberzeugung gedrängt, dass in dem grosshirnlosen Hunde ein, wenn auch noch so dunkles bewusstes Seelenleben vorhanden war, dass der Hund Sinnesempfindungen hatte und zum Theil wenigstens bewusst darauf reagirte.

Dass man aber alle erwähnten Erscheinungen auch ganz anders auffassen, alle Bewegungen des Hundes als Reflex deuten kann und bei der Meinung verharren, dass alles bewusste Seelenleben ausschliesslich im Grosshirne sich abspiele, das geht aus der Kritik hervor, welcher Hermann Munk[1]) die Goltz'sche Arbeit über „Den Hund ohne Grosshirn" unterworfen hat, und auf welche ich hiermit verweise.

Mehr von dem Centralnervensystem abzutragen, als es in dem Goltz'schen Versuche geschehen war, ohne dass das Leben rasch erlischt, ist bisher an Warmblütern[2]) nicht gelungen, wohl aber an Kaltblütern.[3]) Fröschen kann man das ganze Gehirn abtragen und sie zeigen noch complicirte Reflexe, deren Deutung zu derselben Controverse führt, wie die Deutung der Bewegungserscheinungen am grosshirnlosen Hunde: die Einen glauben auf bewusste

1) H. Munk, Du Bois' Arch. 1894. S. 355.

2) Ueber die Locomotionsbewegungen, welche man an decapitirten Vögeln noch kurze Zeit beobachtet, findet man die Angaben zusammengestellt bei J. Steiner, „Die Functionen des Centralnervensystems u. ihre Phylogenese". Vierte Abtheilung. Braunschweig, Vieweg & Sohn. 1900. S. 31 bis 33.

3) Ueb. die Ergebnisse der successiven Abtragung der einzelnen Hirntheile bei Kaltblütern siehe J. Steiner, l. c. S. 3 bis 30.

Ueberlegung schliessen zu dürfen, die Anderen wollen nur unbewusste Reflexe gelten lassen.

Eine solche auffallende Erscheinung, die als Aeusserung bewusster Ueberlegung gedeutet wird, ist folgende: Kneift man einen enthirnten Frosch mit der Pincette, so macht er Abwehrbewegungen und Fluchtversuche, bisweilen auch einen Sprung, der nur etwas ungeschickter ausfällt, als der eines normalen. Bringt man auf seine Rückenhaut einen Tropfen Säure, so wischt er ihn durch eine höchst complicirte Bewegung des Hinterbeines fort. Hält man das Hinterbein fest, so benutzt er nach einigen vergeblichen Versuchen, sich zu befreien, das andere Hinterbein zur Reinigung.

Hängt man einen geköpften Aal — oder auch nur abgeschnittene Schwänze von Aalen oder Salamandern — senkrecht auf und nähert dem Ende des Schwanzes eine Flamme, so krümmt sich die der Flamme zugekehrte Seite convex und das Ende des Schwanzes entfernt sich von der Flamme. Nähert man dagegen die Flamme der Mitte des Aales, so krümmt sich die betreffende Seite concav, also in beiden Fällen zweckmässig, aber nur im zweiten Falle den Reflexgesetzen (vgl. unten Vortrag 14) gemäss.

Diese und ähnliche Erscheinungen veranlassten Volkmann[1]), Pflüger[2]) und andere Autoren zur Annahme eines, wenn auch noch so dunkeln Bewusstseins in dem Rückenmark, eines „Sensorium", einer Rückenmarksseele.

Die Reflexbewegungen der hirnlosen Thiere sind jedoch nicht immer zweckmässig. So sah z. B. Tiegel[3]) eine decapitirte Schlange um einen glühenden Stab sich winden.

Will man an Warmblütern Reflexvorgänge nach Ausschluss des Gehirnes beobachten, so muss man sich auf die Reflexe an den unteren Körpertheilen beschränken. Denn der Schnitt, durch den man das Rückenmark vom Gehirn trennt, muss unter-

1) A. W. Volkmann, Müller's Arch. f. Anat. u. Physiol. Jahrg. 1838. S. 22.

2) E. Plüger, „Die sensorischen Functionen des Rückenmarks der Wirbelthiere nebst einer neuen Lehre über die Leitungsgesetze der Reflexionen". Berlin 1853. Vgl. von neueren Arbeiten J. Steiner, Sitzungsber. d. Berliner Acad. 1886. I. S. 495 und 541 und „Die Functionen des Centralnervensystems u. ihre Phylogenese". Vierte Abtheilung. S. 20 bis 27. Braunschweig, Vieweg & Sohn. 1900.

3) K. Osawa u. E. Tiegel, Pflüger's Arch. Bd. 16. S. 90. 1877.

halb der Abgangsstelle der Athemnerven geführt werden. Auch muss einige Zeit nach der Operation verfliessen, damit die Thiere sich vom sogenannten Shock, der zunächst reflexhemmend wirkt, erholen. Ich komme auf diese Beobachtungen zurück, wenn wir die motorischen Bahnen im Centralnervensystem verfolgen werden (Vortrag 14).

Beim Menschen sind gleichfalls in einigen sehr seltenen Fällen Reflexe im Rückenmarke mit Ausschluss des Gehirnes beobachtet worden. Es handelte sich um zufällige Verletzungen, durch welche der untere Theil des Rückenmarkes vom übrigen Centralnervensystem isolirt wurde. Einen derartigen, berühmt gewordenen Fall hat bereits im Jahre 1837 der englische Physiologe und Neuropathologe Marshall Hall[1]) (1790—1857) veröffentlicht. In Folge einer mechanischen Verletzung — durch einen Fall von einem Baume — war bei einem 19 jährigen jungen Manne die Nervenleitung im oberen Theile des Rückenmarks unterbrochen. Die Beine, überhaupt die untere Körperhälfte waren vollkommen unempfindlich und nicht durch den bewussten Willen zu bewegen. Es wurden aber sehr regelmässige reflectorische Zuckungen der Beine durch verschiedene Reize ausgelöst, durch Kneifen, Kitzeln, kaltes Wasser, ohne dass der Patient die Reize empfand oder der Bewegungen sich bewusst wurde.

Solche Fälle sind jedenfalls sehr selten. Die Regel ist, dass beim Menschen nach Unterbrechung der Leitung im Rückenmarke unterhalb der Unterbrechungsstelle keine Reflexe mehr möglich sind. Ich komme auf dieses sehr beachtenswerthe Verhalten, welches den Menschen von allen Thieren unterscheidet, noch eingehend zurück (Vortrag 14).

Es fragt sich nun: findet im Rückenmarke eines solchen Patienten, wie Marshall Hall ihn schildert, wirklich kein bewusster Process statt? Oder könnten Volkmann und Pflüger nicht doch Recht haben mit der Annahme einer Rückenmarksseele, die unabhängig von dem im Gehirn sich abspielenden Seelenleben fortexistirt. Daraus, dass der Patient angiebt, die

1) Marshall Hall, Memoirs of the nervous system. London 1837. Deutsch von Kueschner, Marburg 1840, oder „Ueber die Krankheiten u. Störungen des Nervensystems". Deutsch von Fr. J. Behrend. Leipzig, Kollmann. 1842. S. 267—269.

Beine nicht zu fühlen, folgt nicht, dass keine Empfindung von dort aus mehr ausgelöst werde. Die Rückenmarksseele konnte fühlen. Die Hirnseele aber, die allein mit den Sprechwerkzeugen und den höheren Sinnen in Verbindung steht, erfährt davon nichts und kann nichts davon mittheilen. Zu einer solchen Annahme von zwei Seelen oder von vielen Seelen in einem Körper sind wir durch keine Thatsache gezwungen. Sie lässt sich aber auch nicht widerlegen.

Dreizehnter Vortrag.

Die sensiblen Bahnen im Gehirn und Rückenmark.

Nachdem wir mit dem gegenwärtigen Stand unserer Kenntniss von dem Orte des bewussten Seelenlebens uns vertraut gemacht haben, treten nun zwei weitere Fragen an uns heran:

1. Wie gelangen die Eindrücke der Aussenwelt in unser Bewusstsein?

2. Wie reagirt das Bewusstsein auf diese Eindrücke?

Wir wollen also jetzt zunächst die sensiblen Leitungsbahnen verfolgen und dann die motorischen.

Die neuesten anatomischen Forschungen [1]) haben eine überraschende Einfachheit und Uebereinstimmung in dem Bau aller Sinnesnerven ergeben und zu dem Satze geführt, dass *alle Eindrücke der Aussenwelt, alle Sinnesreize in der ganzen Thierreihe stets durch einen einzigen Neuron — eine einzige bipolare Ganglienzelle — von der percipirenden Fläche bis zum Centralnervensystem fortgeleitet werden.* Die Ganglienzelle dieser Neurone sitzt stets ausserhalb des Centralnervensystems; sie sendet einen Fortsatz bis zur percipirenden Fläche und einen zweiten bis in's Centralnervensystem, wo er sich aufsplittert zu einem Endbäumchen, welches entweder eine Ganglienzelle des Centralnervensystems umgreift oder zu einem Endbäumchen eines Neurons des Centralnervensystems in Beziehung tritt.

Diese überraschende Einfachheit und Uebereinstimmung in der Nervenleitung aller Sinne wurde lange verkannt, hauptsächlich deshalb, weil man die nervösen Elemente nicht zu unter-

---

1) Siehe hierüber Gustaf Retzius, „Biologische Untersuchungen". Neue Folge. Bd. IV. S. 49—56. Stockholm 1892. Dort sind auch die früheren Autoren genannt.

scheiden wusste von den epithelialen Gebilden, und weil die Ausbildung der nervösen Elemente, insbesondere die Länge der beiden Fortsätze der Neurone bei den verschiedenen Sinnesnerven sehr verschieden ist. Erst die vergleichende Anatomie zeigte, dass diese verschiedene Länge etwas ganz Unwesentliches ist und an demselben Sinnesnerven bei verschiedenen Thieren sehr variirt.

Mein verehrter College, der damalige Baseler Prosector v. Lenhossek hat gezeigt, dass die Ganglienzellen der sen-

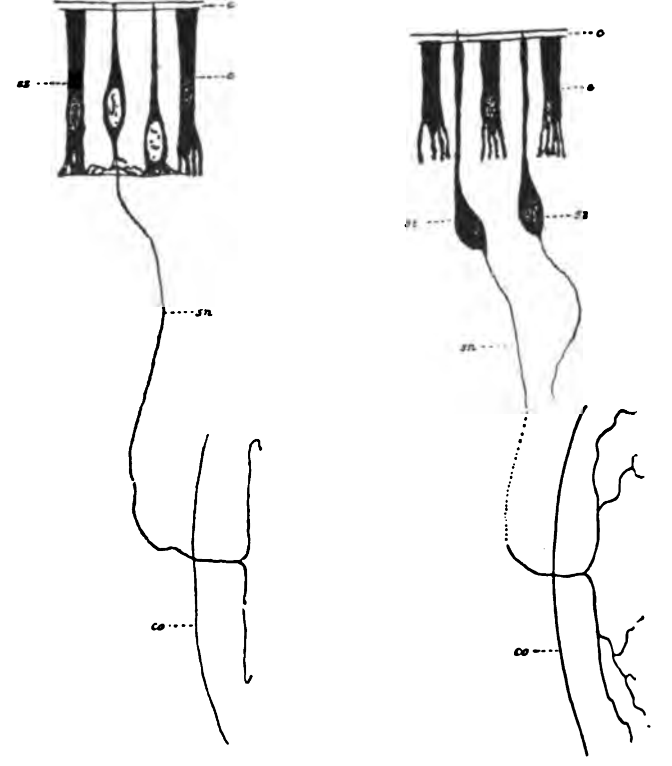


Fig. 35. Nach Retzius. Fig. 36.

Das sensible Nervensystem der oligochäten Würmer (Lumbricus).

Das sensible Nervensystem der polychäten Würmer (Nereïs).

Gemeinsame Bezeichnungen für die Figuren 35—42:

e Epithelium
c Cuticula
sz Sensible und sensorische Nervenzellen
rm Rete Malpighii
hz Haarzellen
fz Fadenzellen
gb Geschmackszwiebel
ik Innere Körnerzellen.
sp Spongioblasten
gz Ganglienzellen der Retina
sn Sensible Nervenfasern
irn Interbulbärfasern
ian Interbulbärfasern
co Centralorgan
gl Glomerulus
mz Mitralzellen.

sensiblen Neurone, die bei uns in den Spinalganglien sitzen und von dort aus den peripheren Fortsatz, den Dendriten bis zur Haut, bis zur Fussspitze senden, dass diese Zellen bei niederen Thieren, z. B. beim Regenwurm, zwischen den Zellen der einschichtigen Epidermis liegen und ganz ohne peripheren Fort-

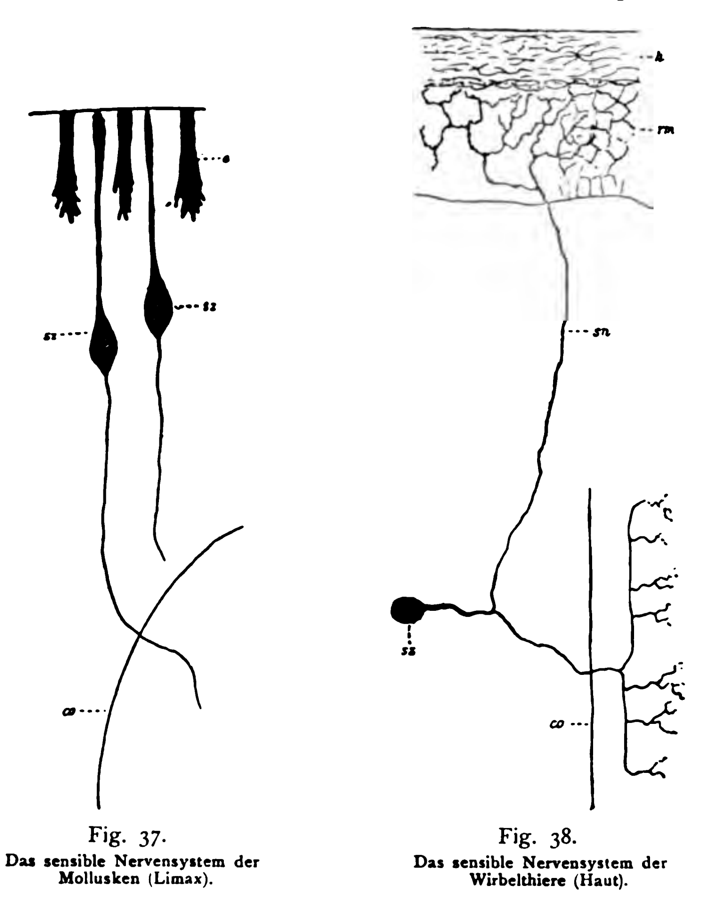


Fig. 37.
Das sensible Nervensystem der Mollusken (Limax).

Fig. 38.
Das sensible Nervensystem der Wirbelthiere (Haut).

satz die Reize der Aussenwelt aufnehmen und durch einen centripetalen Fortsatz, einen Neuriten dem Centralnervensystem, dem Bauchstrang, zuführen. Zwischen diesen unmittelbar an der Hautoberfläche gelegenen sensiblen Ganglienzellen des Regenwurms und unseren so weit davon entfernten giebt es alle Uebergänge, indem die Zelle sich immer weiter von der Oberfläche zurückzieht und der centripetal — cellulipetal — leitende Dendrit immer länger

wird. In der Mitte zwischen den sensiblen Neuronen des Regenwurms und der Wirbelthiere steht z. B. der der Nereïs und der Schnecke (Fig. 35 bis 38).

Unter den Sinnesnerven der Wirbelthiere und des Menschen finden sich die einfachen Verhältnisse wie beim Tastsinne des

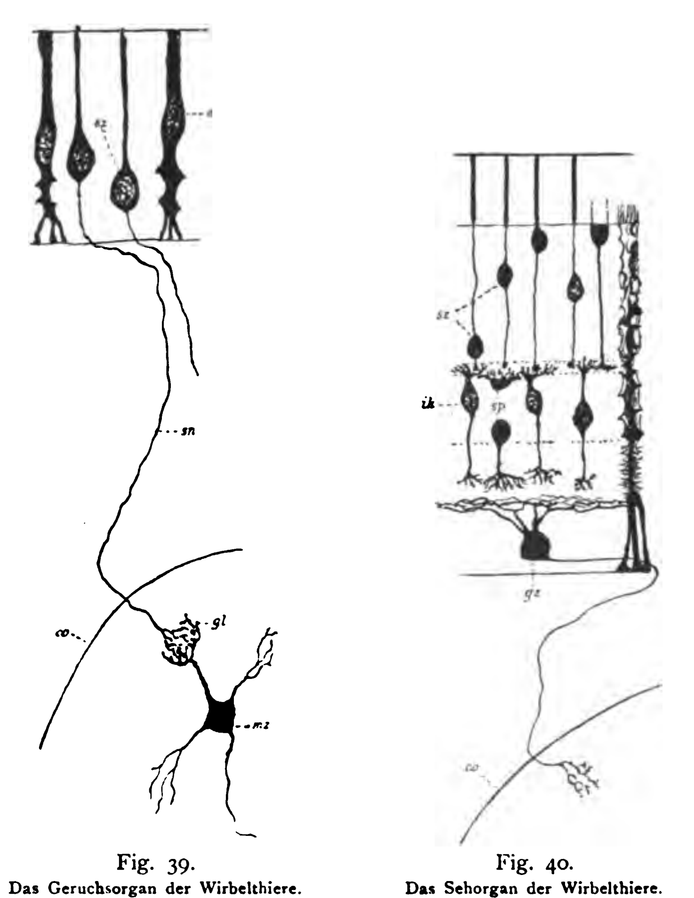


Fig. 39.
Das Geruchsorgan der Wirbelthiere.

Fig. 40.
Das Sehorgan der Wirbelthiere.

Regenwurmes noch erhalten am Geruchsorgan, indem die Riechzellen als periphere Ganglienzellen aufzufassen sind, die ihren Neuriten zum Bulbus olfactorius senden, wo er Endbäumchen bildet. Diese Endbäumchen vereinigen sich mit ähnlichen Endbäumchen der Mitralzellenfortsätze zu den Glomeruli olfactorii (Fig. 39).

Beim Geschmacks- und Gehörorgane liegen die Gang-

lienzellen des percipirenden Neurons in dem Ganglion petrosum und Ganglion spirale. Die Zellen der Schmeckbecher und die Haarzellen der Schnecke, um welche sich die peripheren Endfasern

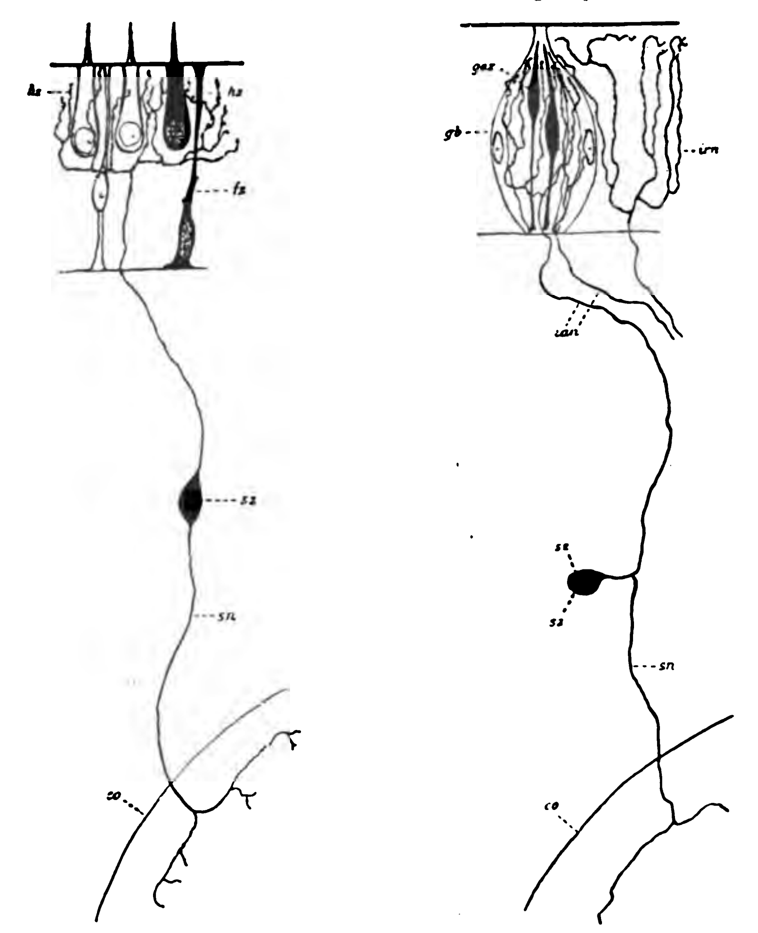


Fig. 41.
Das Gehörorgan der Wirbelthiere.

Fig. 42.
Das Geschmacksorgan der Wirbelthiere.

der Sinnesneurone, der Dendriten verzweigen, sind nicht Ganglienzellen, sondern sogenanntes Sinnesepithel (Fig. 41 u. 42).

Etwas schwieriger sind die Verhältnisse beim G e s i c h t s s i n n zu deuten (Fig. 40). Wir müssen uns vor Allem daran erinnern, dass die Retina — wie ihre Entwickelung lehrt — ein Theil des Gehirnes ist. Sie setzt sich aus drei Schichten von Neuronen zu-

sammen. Es bleibt nur fraglich, ob wir schon die äusserste Schicht, die Stäbchen- und Zapfenschicht als Neurone betrachten, oder ob wir sie zu den sogenannten Sinnesepithelien rechnen sollen — wie die Zellen der Schmeckbecher und die Haarzellen der Schnecke. — Je nach der Entscheidung dieser Frage würden zwei oder eine Neuronenschicht der Retina als zum Gehirn gehörig zu betrachten sein, und es würde entweder die Stäbchen- und Zapfenschicht

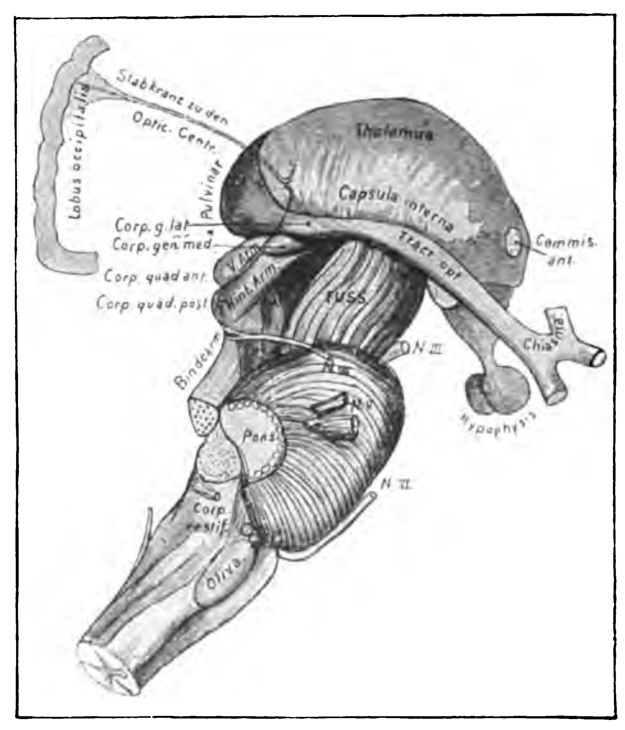


Fig. 43. Nach Edinger.

oder die mittlere Neuronenschicht als percipirende Neuronenschicht analog den übrigen Sinnesneuronen gelten müssen.

Nachdem wir so gesehen, wie die Sinnesreize bis zum Centralorgan gelangen, wollen wir nun die weiteren Fortleitungsbahnen jedes einzelnen Sinnes innerhalb des Centralorganes verfolgen. Wir beginnen mit dem **Geruchssinn.**

In den erwähnten Glomeruli olfactorii beginnt die secundäre Bahn der Riechnervenleitung. Die Mitralzelle des Bulbus olfactorius, deren Dendrit sich an der Bildung des Glomerulus betheiligt,

ist die Ganglienzelle des zweiten Neurons in der leitenden Kette. Die Mitralzelle sendet einen centripetalen (cellulifugalen) Fortsatz,

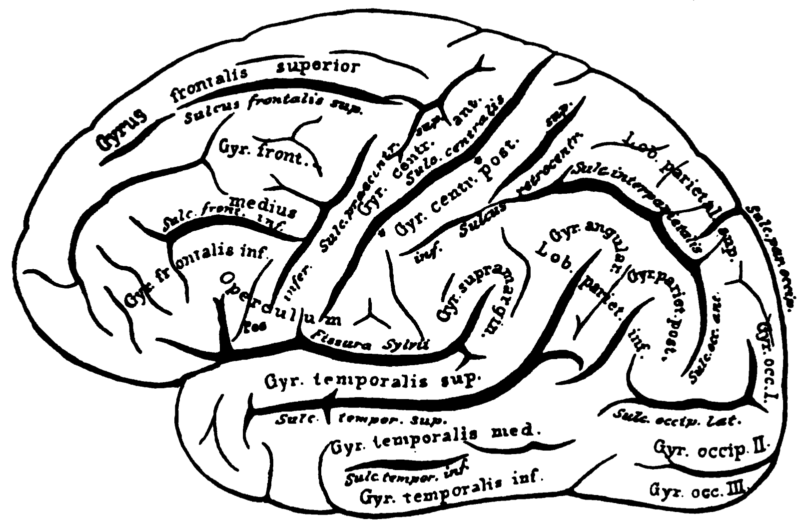


Fig. 44. Nach Edinger.

einen Neuriten durch den Tractus olfactorius zur Hirnrinde, zum Lobus olfactorius. Die Riechnerven lassen sich weiter verfolgen

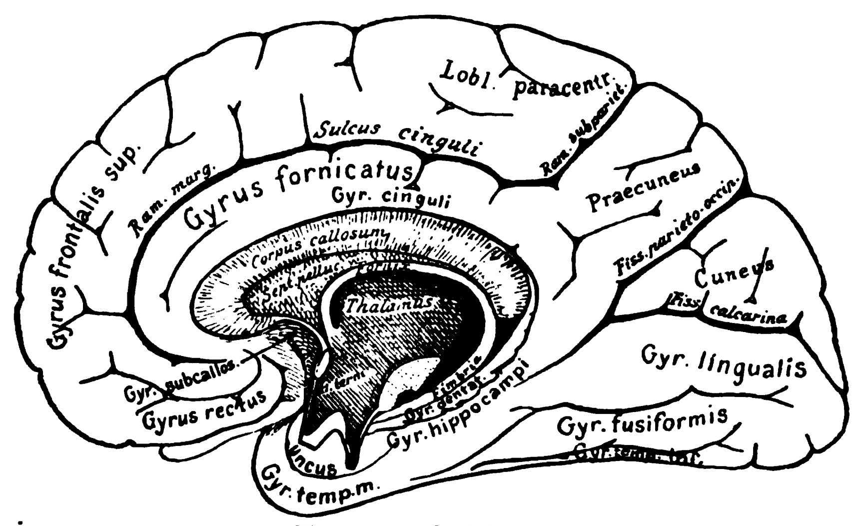


Fig. 45. Nach Edinger.

in den Gyrus fornicatus, Gyrus hippocampi und Gyrus uncinatus. Beim Menschen sind diese Faserzüge sehr spärlich. Auf die weit-

stärkere Entwickelung der Geruchsnerven und der zugehörigen Hirntheile bei niederen Thieren habe ich bereits in der Physiologie der Sinne hingewiesen (S. 43ff.).

Wie gross die Rolle ist, die der Geruchssinn in dem Seelenleben der niederen Thiere spielt — davon können wir uns gar keine Vorstellung machen. Es scheint, dass die Entwickelung der Grosshirnrinde und damit aller höheren Seelenfunctionen von der Entwickelung der Geruchscentren ihren Ausgang genommen hat. Die Fische haben bekanntlich noch keine Grosshirnrinde; sie haben das Stammgangion und eine Epithelialblase. Erst bei den Amphibien und deutlicher bei den Reptilien sieht man auf dieser Epithelblase die charakteristischen, nach Golgi's Methode deutlich erkennbaren Rindenzellen auftreten. Diese Rindenzellen treten durch Faserzüge ausschliesslich mit dem Riechapparate in Verbindung. Alle höheren psychischen Functionen — d. h. solche, die mit der Aufspeicherung und Verwerthung von Sinneseindrücken, mit Erinnerungsbildern, mit dem Sammeln von Erfahrungen beginnen — gehen also vom Geruchssinn aus. Genaueres über die Localisation der Geruchsempfindung bei höheren Thieren ist nicht bekannt. Die experimentellen Untersuchungen[1]) haben kein sicheres Resultat ergeben.

Weit eingehender ist die Frage verfolgt worden, wo die **Gesichtseindrücke** in's Bewusstsein treten. Sie erinnern sich aus der Anatomie, dass die Fasern des Tractus opticus — d. h. also die Neuriten aus der Ganglienzellenschicht der Retina, die Neuriten der dritten Neuronenschicht — zum Corpus geniculatum laterale und zu den Corpora quadrigemina anteriora hinziehen und dort durch Vermittelung von Schaltzellen (s. Fig. 46) zu neuen Neuronen in Beziehung treten. Die Ganglienzellen dieser neuen Neurone und die Schaltzellen bilden die **primären Opticuscentren** oder das **primäre Sehcentrum.** Diese neuen Neurone bilden die fünfte Schicht in der optischen Nervenleitungskette. Von den Ganglienzellen dieser fünften Neuronenschicht ziehen wiederum Neuriten in der sogenannten Gratiolet'schen Strahlung zur Rindensubstanz des Hinterhauptlappens, des Cuneus und der Gegend etwa der zweiten und dritten Occipitalwindung. Dieser

1) Von neueren Arbeiten sei erwähnt V. P. Ossipow, Du Bois' Arch. 1900. Suppl. S. 1.

Theil des Hinterhauptlappens bildet das **secundäre Sehcentrum** (Fig. 43, Fig. 44 u. Fig. 45).

Es fragt sich nun: wo kommt uns die Lichtempfindung zuerst zum Bewusstsein. Geschieht dieses erst im secundären Sehcentrum oder bereits im primären oder vielleicht sogar schon in der Retina?

Da die Retina ein Theil des Gehirnes ist und sich in ähnlicher Weise aus dem primären Vorderhirn entwickelt wie die Grosshirnhemisphären, so könnte man vermuthen, die Vorstellungen von Licht und Farbe kämen schon in der Netzhaut zu Stande, wir hätten also schon dort bewusste Sinneswahrnehmungen. Dass die Netzhaut sich verhalten könnte wie ein Centralorgan, scheint auch daraus hervorzugehen, dass nicht blos centripetale Fasern in ihr verlaufen; es treten durch den Opticus auch centrifugale Fasern[1]) in die Retina ein und splittern sich auf um die Zellen der mittleren Neuronenschicht (Fig. 46 k). Diese Fasern kommen aus der oberflächlichen grauen Schicht der vorderen Vierhügel. In den Zellen der Retina verlaufen also Processe, die ihren Anstoss von tiefer gelegenen Hirntheilen her erhalten. Es fragt sich nur: welche Beweise haben wir dafür, dass diese Fasern, welche die Retina mit den Vierhügeln in Verbindung setzen, centrifugal leiten? Es ist dieses ein Analogieschluss: alle zweifellosen Sinnesnerven gehören zu Neuronen, deren Ganglienzellen ausserhalb des Centralorganes ihren Sitz haben. Die fraglichen Fasern dagegen haben ihre Ganglienzelle in den Vierhügeln.

Diese Vermuthung, dass bereits in der Retina Licht- und Farbenempfindungen uns zum Bewusstsein kommen könnten, ist meines Wissens bisher noch niemals ausgesprochen worden. Die Autoren streiten nur darüber, ob die Gesichtseindrücke bereits im primären Sehcentrum uns bewusst werden oder erst im secundären, in der Hinterhauptsrinde. Falls man die erstere Annahme macht, könnte man vermuthen, dass die Gratiolet'sche Sehstrahlung die Function habe, die im Zwischen- und Mittelhirn gebildeten Vorstellungen von den sichtbaren Objecten dem grossen Erinnerungsspeicher zuzuführen, wo sie fixirt, mit den Erinne-

1) Ueber die centrifugalen Fasern in der Retina siehe Monakow, Arch. f. Psych. Bd. 20. S. 3. 1889 und S. Ramon y Cajal, „Die Retina der Wirbelthiere". Deutsch von R. Greeff. Wiesbaden, Bergmann. 1894. S. 111 u. 143.

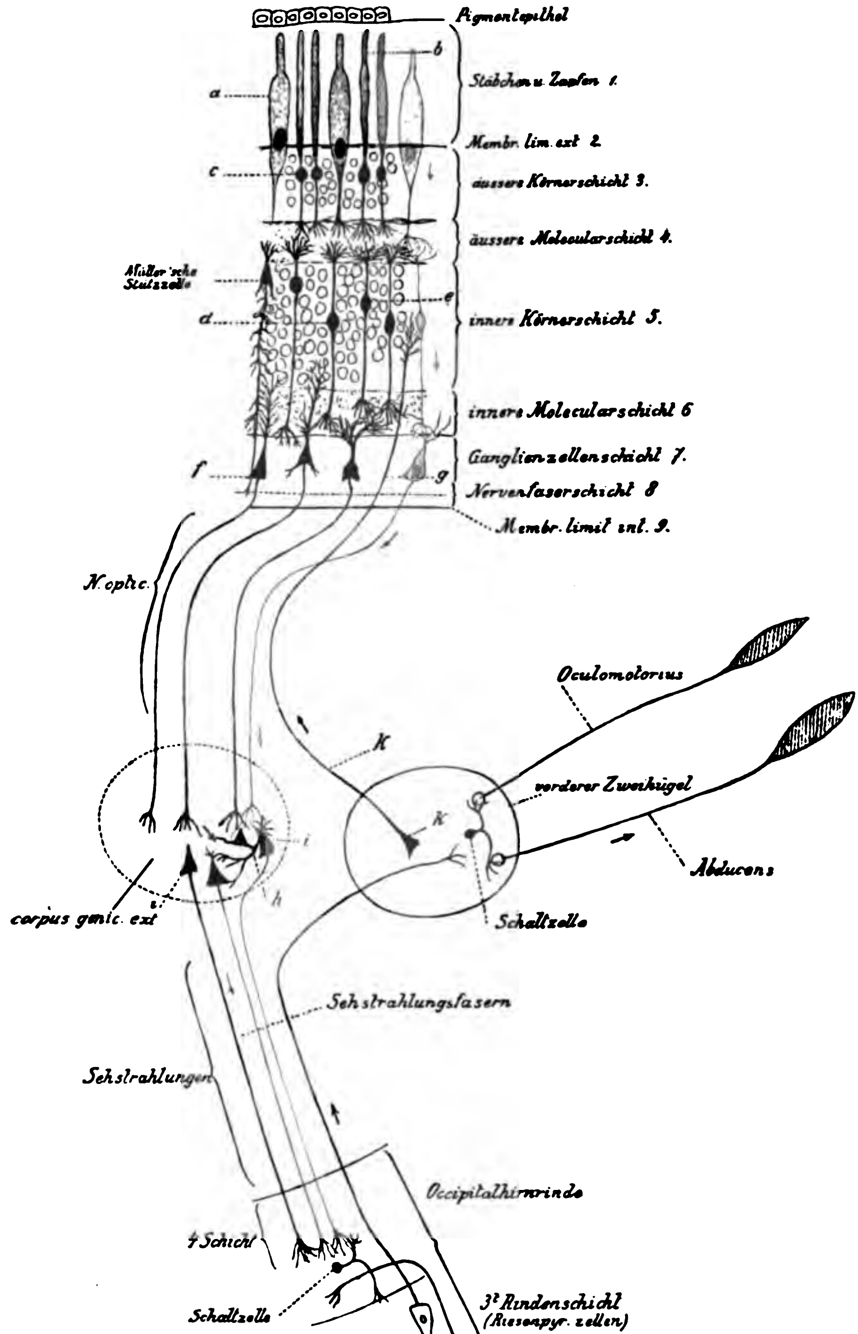


Fig. 46. Nach v. Monakow.

Schema des Opticusursprungs in der Retina (zum Theil nach Ramon y Cajal) und weiterer Anschluss an die Rinde des Occipitallappens (nach meinen eigenen experimentellen und pathologisch-anatomischen Untersuchungen, s. Arch. f. Psych. Bd. XX, 3). *a* Zapfen. *b* Stäbchen. *c* Kerne der Stäbchen. *d* bipolare Ganglienzellen für die Zapfen. *e* bipolare Ganglienzellen für die Stäbchen. *f* grosse multipolare Ganglienzellen (Ursprungszellen des N. opt.). *g* centrifugal verlaufende, im vorderen Zweihügel entspringende und in der Retina endigende Faser des Opticus. *h* Schalt- oder Sammelzelle im Corpus genicul. externum. *i* Sehstrahlungszelle. Weg der Lichtwelle in corticaler Richtung durch roth gefärbte Elemente angedeutet: Zapfen und Stäbchen — bipolare Ganglienzellen für die Zapfen und Stäbchen — Ganglienzellen (Opticuszellen) — Sammelzellen im Corpus genicul. externum — Sehstrahlungszellen — Rindenzellen (dritte und fünfte Schicht).

rungsbildern anderer Sinne combinirt, verarbeitet und verwerthet werden.

Sehen wir nun zu, was das Experiment, was die pathologische Erfahrung, die vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte auf diese Vermuthungen und Fragen antworten. Fragen wir zunächst: was wird die Folge des Verlustes beider Retinae sein? Werden die Erinnerungsbilder, welche durch die Augen in das Bewusstsein eingezogen waren, fortbestehen? Welcher Art sind diese Erinnerungsbilder? Ist die Lichtintensität die der normalen Erinnerungsbilder? Sind sie farbig? Ist die räumliche Anordnung die normale? Wie sieht es überhaupt in der Seele eines Menschen aus, dem die Retinae — dieser wichtige Theil des Gehirnes — mangeln?

Diese Fragen hatten mich lange lebhaft beschäftigt. Da bot mir im Sommer 1895 bei einem Besuche in der Irrenanstalt Burghölzli bei Zürich mein verehrter College Forel die Gelegenheit, einen Patienten zu befragen, der wegen einer leichten Form von Verfolgungswahn sich in der Anstalt befand, und der seit 30 Jahren beider Retinae beraubt war. Er hatte im Jahre 1865 in Mexico im Kampfe mit Indianern durch einen Schuss das rechte Auge verloren. Unmittelbar darauf ging das linke durch sympathische Entzündung zu Grunde. Er konnte zwar im Anfang mit dem linken Auge noch bisweilen schwache Lichteindrücke percipiren: seit dem Jahre 1867 aber war auch dieses absolut blind. Dieser Mann hatte bis vor zwei Jahren (1893) ab und zu Hallucinationen, an denen alle Sinne sich betheiligten, auch der Gesichtssinn auf's Allerlebhafteste; er war in vollkommen wachem Zustande überzeugt, in fremden Ländern zu wandern, Personen zu sehen, ihren Händedruck zu fühlen, Trauben zu pflücken und zu schmecken u. s. w. Insbesondere giebt er an, dass die Farbeneindrücke sehr lebhaft waren. Der Mann wusste sehr wohl zu unterscheiden zwischen blossen Erinnerungsbildern und Hallucinationen, das heisst Erinnerungsbildern, die man nach aussen projicirt, an deren Realität und Objectivität man wenigstens zeitweilig glaubt. Seit zwei Jahren, wo er keine Hallucinationen anderer Sinne mehr hatte, sind auch die optischen Hallucinationen geschwunden. Die optischen Erinnerungsbilder dagegen sind immer noch sehr lebhaft. Der Mann war in seiner Jugend Gärtner gewesen und erinnert sich genau der

Formen und Farben aller Blumen; er spaziert allein im Park vom Burghölzli, und wenn er mit seinem Stocke die Sträuche und Bäume betastet und die Blätter befühlt, so macht er sich ein deutliches, farbiges Bild von allen. Ebenso macht er sich bei der Unterhaltung mit verschiedenen Personen unwillkürlich von jeder einzelnen ein deutliches Bild. Mit allen Eindrücken anderer Sinne combinirt er unwillkürlich Gesichtseindrücke.[1])

Aus diesen Thatsachen folgt, dass wir uns unsere Vorstellungen von den sichtbaren Gegenständen nicht in der Retina bilden, jedenfalls nicht ausschliesslich in der Retina. Die Möglichkeit bleibt offen, dass gewisse Lichteindrücke doch schon in der Retina zum Bewusstsein gelangen. Jedenfalls aber wissen wir, dass die lebhaftesten optischen Erinnerungsbilder und sogar Gesichtshallucinationen auch ohne Retinae zu Stande kommen.

Wir stellen uns nun die Frage: Kommen uns die Gesichtseindrücke erst im secundären Sehcentrum, erst in den Hinterhauptslappen zum Bewusstsein oder schon vorher im primären Sehcentrum, im Zwischen- und Mittelhirn?

Für die letztere Möglichkeit sprechen vor Allem die Thatsachen der vergleichenden Anatomie. Ich erwähnte bereits (S. 190) dass die Grosshirnhemisphären der niedrigsten Wirbelthiere, der Fische überhaupt noch keine Rindensubstanz haben, dass die Entwicklung dieser erst bei den Amphibien beginnt und dass sie bei diesen zunächst nur zu den Geruchsnerven in Beziehung tritt, nicht zu den Sehnerven. Unter den höheren Wirbelthieren finden sich viele, bei denen die primären Sehcentren stärker ausgebildet sind als beim Menschen, aber keines, bei dem die secundären Centren der Hinterhauptslappen stärker ausgeprägt wären. Hält man damit die Thatsache zusammen, dass der Mensch lange nicht das schärfste Sehvermögen, wohl aber zweifellos die lebhafteste Phantasie, die lebhaftesten Erinnerungsbilder hat, so könnte man vermuthen, dass die Gesichtseindrücke schon im primären Sehcentrum zum Bewusstsein gelangen, im secundären aber die Erinnerungsbilder aufgespeichert werden.

Zu den Thatsachen der vergleichenden Anatomie stimmen

1) Nachträglich habe ich bemerkt, dass ähnliche Fälle schon früher beobachtet worden sind. Joh. Müller hat mehrere derselben zusammengestellt in seiner interessanten Abhandlung „Ueber die phantastischen Gesichtserscheinungen“. Coblenz, Hölscher. 1826. S. 30—39.

wie immer die Thatsachen der Entwicklungsgeschichte. Es entwickelt sich beim Menschen die Gratiolet'sche Strahlung erst Wochen nach der Geburt. Und doch weiss jeder, der neugeborene Kinder beobachtet hat, dass sie vom ersten Tage an auf Gesichtseindrücke reagiren in einer Weise, die durchaus den Eindruck der bewussten Wahrnehmung macht.[1])

Der Versuch, die Frage auf experimentellem Wege zu entscheiden und festzustellen, ob nach Exstirpation des secundären Sehcentrum noch Gesichtseindrücke zum Bewusstsein gelangen, hat zu einer lebhaften Controverse geführt. Herm. Munk[2]) kam durch seine Versuche zu dem Ergebnisse, dass nach Exstirpation des secundären Sehcentrum — Umgebung der Fissura calcarina, Cuneus, Lobus lingualis, Gyrus occipitalis II und III — bei Hunden und Affen dauernde und vollständige Erblindung eintrat. Ihm traten Goltz[3]) und dessen Schüler J. Loeb[4]) entgegen, welche fanden, dass Hunde nach dieser Operation, ja sogar nach vollständiger Abtragung beider Hinterhauptslappen doch noch sehen. Ein Hund, dem Goltz beide Hinterhauptslappen abgetragen hatte, war nach 1 1/2 Jahren noch munter und wohlgenährt. Bei oberflächlicher Beobachtung hätte man allerdings glauben können, der Hund sei blind; denn eine brennende Kerze, ja selbst eine Magnesiumlampe, die man plötzlich seinen Augen nähert, lässt er unbeachtet. Nur die Pupille zieht sich zusammen. Aber der Hund vermeidet im Wege stehende Hindernisse meist gut, stösst nur selten an. Verklebt man ihm die Augen, so weigert er sich zu gehen; er bleibt dauernd stehen und versucht die Augen vom Heftpflaster frei zu machen. Wurde auf dem Fussboden des Zimmers eine Anzahl Bogen weissen Papiers befestigt, so dass sie einen weissen Streifen bildeten, so stutzte der Hund, sobald er bei seinen Wanderungen in die Nähe des Streifens kam, senkte den Kopf, wie wenn er die weisse Bahn betrachten wollte, wandte

1) Edinger, Verh. d. Congr. f. innere Med. XII. 1893. S. 357. Vgl. Preyer, „Die Seele des Kindes". Aufl. 2. Leipzig, Grieben. 1884. S. 4—5 und Ad. Kussmaul, „Ueb. d. Seelenleben d. neugeborenen Menschen". Aufl. 8. Tübingen. 1896.

2) H. Munk, Ueb. d. Functionen der Grosshirnrinde. Gesammelte Mittheilungen. Berlin, Hirschwald. 1890.

3) Goltz, Plüger's Arch. Bd. 42. S. 453—466. 1888.

4) J. Loeb, Pflüger's Arch. Bd. 34. S. 67. 1884.

sich zur Seite, indem er am Rande des Streifens entlang ging und scheute sich sorgfältig, hinüber zu treten. Goltz schliesst daraus, dass der Hund sah, aber das Gesehene nicht zu verwerthen wusste. Drohte man ihm mit der Peitsche, so liess ihn dieses ganz gleichgültig.

Zum gleichen Ergebniss gelangte Alx. N. Vitzou[1]), Professor der Physiologie in Bukarest, bei einem Versuche am Affen. Einem jungen Affen (Macacus sinicus) werden beide Hinterhauptlappen abgetragen. Das Thier scheint während der ersten drei Monate nach der Operation vollkommen blind zu sein. Im vierten Monat beginnt das Sehvermögen wieder zu erwachen. Nach einem Jahr und fünf Monaten war er im Stande, im Zimmer umherzuspazieren und die meisten Gegenstände, denen er begegnete, zu umgehen.

Es scheint also nach allen erwähnten Beobachtungen und Versuchen, dass die Gesichtsvorstellungen schon im primären Sehcentrum zu Stande kommen, und dass in der Rinde des Hinterhauptlappens die Erinnerungsbilder aufgespeichert und verwerthet werden. Es scheint ferner, dass von dem letzteren Centrum auch umgekehrt das erstere beeinflusst wird, dass nach Exstirpation des letzteren eine lange anhaltende Hemmung der Functionen des ersteren eintritt. Für eine solche mehrfache Beziehung der beiden Centren zu einander spricht auch die Thatsache, dass die Zahl der Fasern in der Gratiolet'schen Sehstrahlung wenigstens das 5 fache von der Faserzahl in den Nervi optici beträgt.[2])

Indessen ist diese Auffassung nur eine Vermuthung, nur eine Fragestellung. Monakow[3]) vertritt eine andere Auffassung. Nach ihm sind das primäre und das secundäre Sehcentrum der höheren Thiere bei den niederen in einem einzigen Sehcentrum vereinigt, welches im Mittelhirndach gelegen ist. Bei der höheren Organisation kommt es allmählich zu einer Trennung. Bei den

---

1) Alx. N. Vitzou, Archives de Physiologie. Série V. T. 9. p. 29. 1897. Vitzou will eine Regeneration der exstirpirten Rindensubstanz beobachtet haben. Diese Angabe bedarf der Nachprüfung. Die Möglichkeit einer Regeneration von Ganglienzellen bei Warmblütern wird bis auf den heutigen Tag bestritten.

2) P. Flechsig, „Gehirn u. Seele". Leipzig, Veit & Comp. 1896. S. 71.

3) C. v. Moakow, „Gehirnpathologie". Wien, Hölder. 1897. S. 154 u. 155.

Nagethieren ist die Trennung noch nicht vollendet. Deshalb erblindet ein Kaninchen nach Exstirpation der Hinterhauptslappen ebensowenig wie ein Vogel (vgl. oben S. 173 und S. 174). Beim Menschen dagegen ist die Trennung vollendet. Deshalb ist der Mensch nach pathologischer Zerstörung der secundären Sehcentren trotz erhaltener Netzhäute und primärer Sehcentren vollkommen blind.

Weit dürftiger als unser Wissen über die Localisation des Gesichtssinnes ist dasjenige über den **Gehörsinn.** Ich erwähnte bereits (S. 48), dass die beiden Zweige des achten Gehirnnerven, des sogenannten Acusticus, der N. cochlearis und der N. ve-

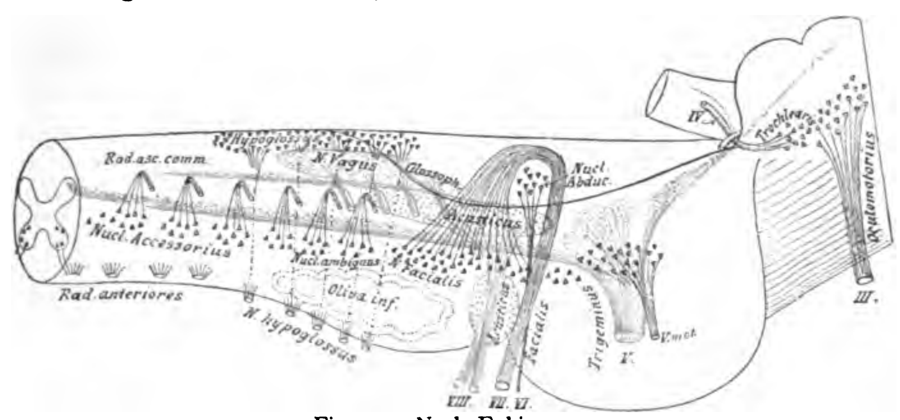


Fig. 47. Nach Edinger.

Die Lage der Hirnnervenkerne. Die Oblongata und Pons durchsichtig gedacht. Die Ursprungskerne (mot.) schwarz, die Endkerne (sens.) roth.

stibularis nach den neueren histiologischen Forschungen als ganz getrennte Nerven mit getrenntem Ursprung und getrennten Functionen zu betrachten sind. Der Nervus vestibuli hat wahrscheinlich mit dem Gehörsinn nichts zu thun. Er dient den Functionen der Bogengänge, die noch nicht genügend bekannt sind, vielleicht unsere Vorstellungen von den passiven Bewegungen des Körpers vermitteln (vgl. oben S. 52—55). Die Fasern des N. vestibuli sind Neuriten, deren Ganglienzellen im Labyrinth liegen. Sie enden zum Theil im Nucleus dorsalis, zum Theil ziehen sie dem Kleinhirn zu und weiter caudalwärts in die Medulla oblongata. Näheres über die centralen Endigungen ist nicht bekannt.

Die Fasern des N. cochlearis sind Neuriten, deren Ganglien-

zellen das Ganglion spirale cochleae bilden. Sie enden zum grössten Theil in dem Nucleus ventralis, wo sie sich zu Endbäumchen aufsplittern und die grossen Zellen dieses Kernes umspinnen. Dort beginnt also die Leitung in den zweiten Neuronen, deren Neuriten als geschlossenes starkes Bündel aus dem Kerne hervorgehen, als sogenanntes Corpus trapezoïdes und in die obere Olive eintreten, zum Theil in die der anderen Seite, zum Theil in die derselben Seite. Es findet also eine theilweise Faserkreuzung statt. Die weitere Leitung ist noch nicht ganz sicher gestellt. Nach den neuesten Angaben verlaufen die Neuriten der dritten Neurone von der oberen Olive zum hinteren Vierhügel und zum inneren Kniehöcker. Dort schliessen sich die vierten Neurone an, die ihre Neuriten durch die innere Kapsel zur Rindensubstanz der ersten Schläfenwindung senden, zum Gyrus temporalis superior [1]) (Fig. 48).

Munk giebt an, dass nach Zerstörung der Rinde beider Schläfenlappen in bestimmtem Umfange die Hunde taub wurden, auf Gehörseindrücke nicht mehr reagirten. Einseitige Operation bewirkte Taubheit des entgegengesetzten Ohres [2]). Wurde auf der gleichen Seite die Rindensubstanz des Schläfenlappens und das Labyrinth zerstört, so wurden die Hunde auf beiden Seiten vollkommen taub. Diese Angaben bedürfen noch der Controlle. Es könnte sich hier doch ähnlich verhalten wie beim Gesichtssinn. Ich erinnere an die grosshirnlosen Tauben von Longet und Schrader (S. 173), sowie an den Goltz'schen Hund ohne Grosshirn, der doch noch zu hören schien. Es ist gesucht, wenn man seine Reactionen auf starke Schalleindrücke dem Tastsinne zuschreiben will. Die Angabe Munk's, dass einseitige Zerstörung der Hörsphäre im Schläfenlappen vollkommene Taubheit des gegenüberliegenden Ohres bewirke, muss schon deshalb bezweifelt werden, weil die Kreuzung der Hörnervenleitung nur eine theilweise ist.

Noch viel ungenügender als unsere Kenntnisse über die Hörnervenleitung sind die über den Verlauf der **Geschmacksnerven**

---

1) Die neueren Angaben über den Faserverlauf der Gehörnerven im Gehirn findet man in der Arbeit von Hans Held im Arch. f. Anat. u. Physiol. Anatom. Abth. 1893. S. 201—248.

2) Herm. Munk, Sitzungsber. der königl. preuss. Ak. d. Wissensch. zu Berlin. 1883. S. 801. Dort sind auch die früheren Arbeiten Munk's citirt.

im Centralorgan. Es lassen sich die Glossopharyngeusfasern nur bis zu den Kernen in der Medulla oblongata verfolgen. Ueber die weitere Leitung wissen wir noch nichts Sicheres.

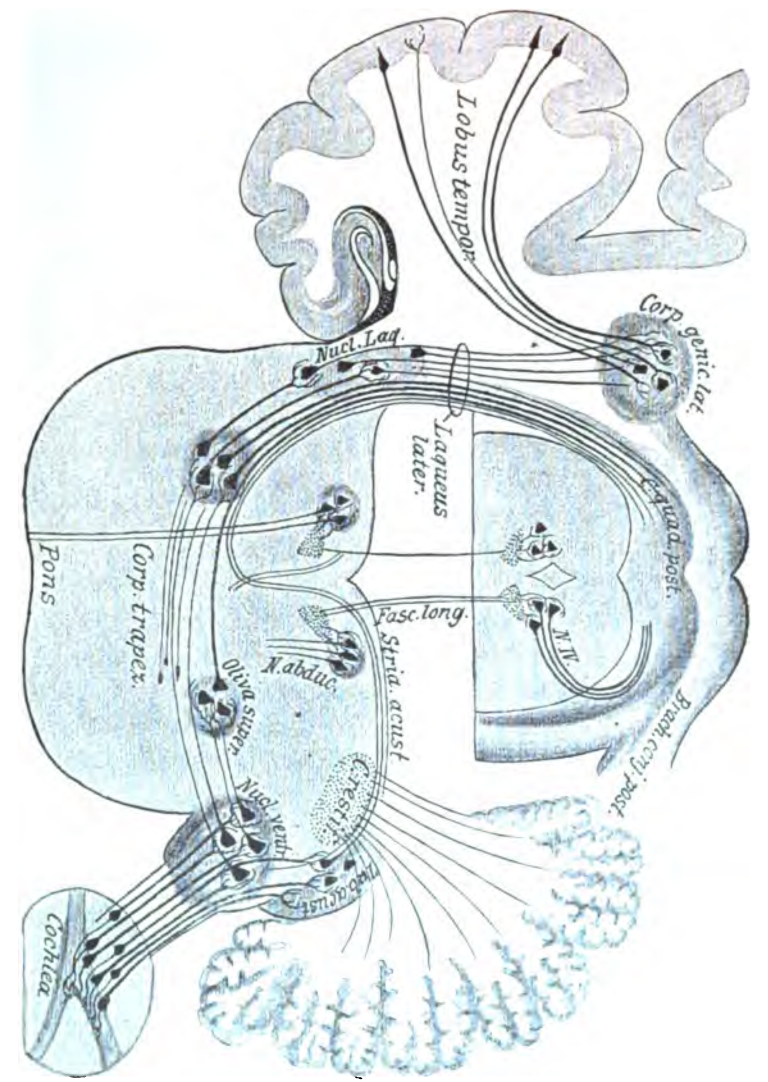


Fig. 48. Nach Edinger.

Es bleibt uns jetzt nur noch ein Sinn mit seinen Leitungsbahnen im Centralnervensystem zu betrachten übrig — der **Gefühlssinn.** Dass dieser kein einheitlicher Sinn ist, sondern aus einer

Anzahl ganz verschiedener Sinne sich zusammensetzt, habe ich in der Physiologie der Sinne (S. 11—30) bereits dargelegt. Einige dieser Sinne haben miteinander gemein, dass sie in der Norm von der Haut und den Schleimhäuten am Eingang zu den Körperhöhlen aus erregt werden; es sind die Sinne, welche die Tasteindrücke, die Empfindungen von Kälte und von Wärme vermitteln. Sie erinnern sich der Versuche von Blix und Goldscheider (cf. S. 12 ff), welche nachwiesen, dass diese drei Empfindungen von dreierlei ganz verschiedenen Nerven percipirt werden, und nach dem Gesetze der specifischen Sinnesenergie müssen wir annehmen, dass diese dreierlei Nerven verschiedene Leitung und verschiedene Endigung im Gehirn haben. Alle diese sensiblen Hautnerven gehören zu Neuronen, deren Ganglienzellen sich in den Spinalganglien befinden. Es tritt aber ausserdem noch eine grosse Zahl anderer sensibler Fasern in die Zellen der Spinalganglien ein; sie kommen nur zum Theil von der Haut und der Schleimhaut, zum grossen Theile von anderen Geweben und Organen; sie vermitteln erstens die sogenannten Gemeingefühle: Schmerz, Kitzel, Schauder, Hunger, Durst, Wollust, ferner die Raumvorstellungen und das Muskelgefühl. Diese letzteren werden, wie bereits erwähnt, wahrscheinlich durch die centripetalen Fasern vermittelt, welche von den Muskeln und den passiven Bewegungsorganen, den Knochen, Sehnen, Bändern durch die Spinalganglien in's Centralorgan gelangen. Es ist schliesslich noch zu bedenken, dass von allen Organen aus Reflexvorgänge ausgelöst werden können, dass somit von allen Organen centripetale Nerven zum Centralorgan gelangen müssen.

Alle diese Functionen werden durch Neurone vermittelt, deren Ganglienzellen in den Spinalganglien und in den analogen Ganglien der Hirnnerven, dem Ganglion Gasseri, dem Ganglion jugulare und Plexus nodosus vagi sich befinden, und deren Neuriten durch die hinteren Rückenmarkswurzeln, sowie durch die sensiblen Wurzeln des Trigeminus und Vagus in das Centralorgan eintreten.

Dass die Ganglienzellen aller der Dendriten, die von der Körperoberfläche und von so verschiedenen Organen kommen, in einem Ganglion spinale vereinigt werden, muss eine wichtige physiologische Bedeutung haben. Die Ganglienzellen müssen dort zu einander in Beziehung treten. Dafür spricht die von Gaule

und seinen Schülern[1]) festgestellte Thatsache, dass im Spinalganglion auf eine hintere Wurzelfaser mehr als 6 Ganglienzellen kommen. Das Ganglion enthält also Associationszellen. Das Ganglion scheint gleichsam ein kleines Gehirn zu sein. Was von dort aus durch die hinteren Wurzeln dem Rückenmark und Gehirn mitgetheilt wird, sind vielleicht nicht mehr elementare Eindrücke und einfache Empfindungen, sondern bereits associirte Vorstellungen.

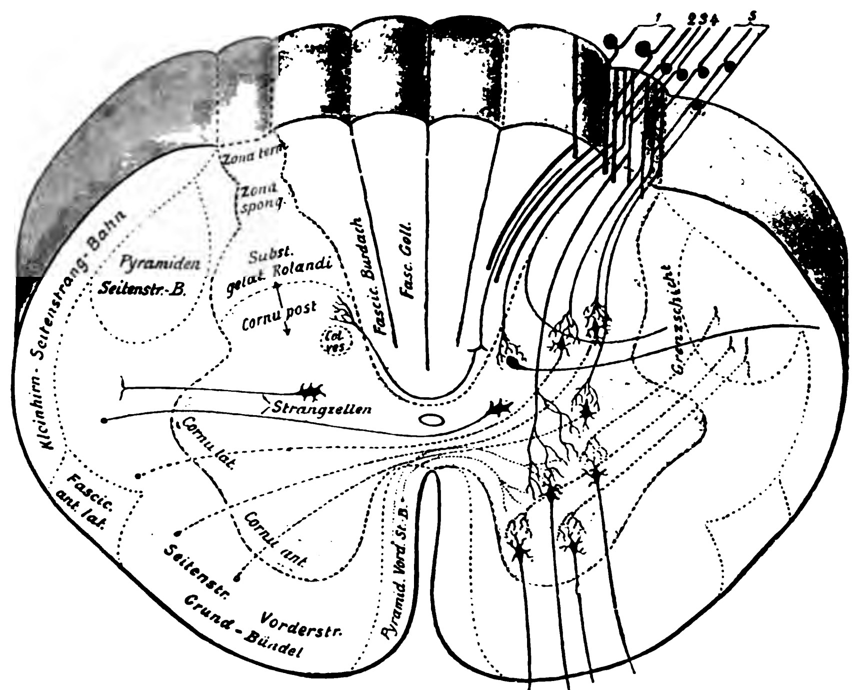


Fig. 49. Nach Edinger.

Es fragt sich nun: welchen Verlauf nehmen alle die Neuriten, die vom Spinalganglion durch die hinteren Wurzeln in's Rückenmark treten? Mit welchen Neuronen des Centralnervensystems treten sie in Beziehung? Lassen sich ein getrennter Verlauf der Leitung und eine getrennte schliessliche Endigung in den Hirnganglien und der Hirnrinde für alle diese ganz verschiedenen Functionen dienenden Faserzüge feststellen?

1) Th. Lewin, Centralbl. f. Physiol. Bd. 10. S. 437 u. 465. 1896.

Von der Lösung dieser schwierigen, äusserst verwickelten Aufgaben sind wir noch weit, weit entfernt.

Fassen wir das Wenige, was bereits eruirt ist, kurz zusammen:

Sie erinnern sich aus der Histiologie des Rückenmarkes, dass die Fasern der sensiblen, der hinteren Rückenmarkswurzeln nach ihrem Eintritt in's Rückenmark sich zunächst V-förmig in einen auf- und einen absteigenden Ast theilen, die in den Hintersträngen longitudinal verlaufen. Während dieses Verlaufes geben sie von Stelle zu Stelle rechtwinklig Collateralen ab; diese gehen in horizontaler Richtung durch die weisse Substanz hindurch und treten 1) zu Ganglienzellen der Vorderhörner, welche sie umspinnen, 2) zu Ganglienzellen der Hinterhörner, 3) zu denen der Clarke'schen Säule. Der Rest der sensiblen Fasern zieht in den Goll'schen und Burdach'schen Strängen weiter hirnwärts.

Zur ersten Art der Endigung ist Folgendes zu bemerken. Von den Zellen der Vorderhörner gehen bekanntlich Neuriten zu den Muskeln. Die 2 Neuronen bilden somit die einfachste Form des Reflexbogens. Durch ihre Function kommt der sogenannte gleichseitige Niveaureflex — die kürzeste Reflexbahn — zu Stande. Ich komme darauf noch zurück, wenn wir die motorischen Bahnen im Zusammenhange verfolgen wollen (Vortrag 14).

Von den Zellen der Hinterhörner, die von den Endbäumchen der ersten sensiblen Neurone umsponnen werden, gehen Fasern aus, welche die sogenannte secundäre sensible Leitung bilden. Diese Fasern kreuzen sich in der vorderen Commissur, wenden sich dann in longitudinaler Richtung aufwärts und ziehen in den Vorderseitenstrangbündeln zum Gehirn, wo sie sich in der sogenannten Haubenregion der Brücke und der Hirnschenkel weiter verfolgen lassen. Zu demselben Ziele gelangen auf einem etwas anderen Wege die sensiblen Leitungen der Goll'schen und Burdach'schen Stränge, welche bekanntlich auch die Namen führen: Funiculus gracilis und Funiculus cuneatus. Die Fasern dieser Stränge, die noch zu den ersten sensiblen Neuronen gehören, enden bekanntlich in der Medulla oblongata in den Nuclei funiculi gracilis und den Nuclei funiculi cuneati. Dort umspinnen ihre Endbäumchen die Ganglienzellen dieser Kerne. Aus diesen Ganglienzellen gehen dann die Neuriten hervor, welche die secundären sensiblen Bahnen der Goll'schen und Burdach-

schen Stränge bilden. Diese Neuriten der zweiten Neurone bilden starke Bündel, die gleich nach dem Austritt aus den Kernen sich kreuzen (Fig. 50) und dann mit den übrigen sensiblen secundären Fasern, welche bereits im Rückenmarke in der vorderen Commissur sich gekreuzt hatten, in der Haubenregion weiter ziehen. Von hier ab lässt sich die Spur der sensiblen Bahnen nicht mehr sicher verfolgen. Wir wissen nur, dass sie bis zur Hirnrinde gelangen. Ob das aber mit allen Fasern der Fall ist, oder nur mit einem kleinen Theil, ob überhaupt Neuriten der zweiten Neuronen direct bis zur Hirnrinde vordringen, oder ob alle zuvor in subcorticalen Centren enden, und ob von dort aus neue Neurone die Leitung übernehmen — das Alles sind noch offene Fragen. Nach Analogie der Leitung vom Auge und Ohr aus könnten wir vermuthen, dass zu den erwähnten zwei Neuronen noch weitere Neurone hinzukommen müssten, um die Leitung der Gefühlseindrücke bis zur Hirnrinde zu vollenden (vergl. oben S. 190 und S. 198).

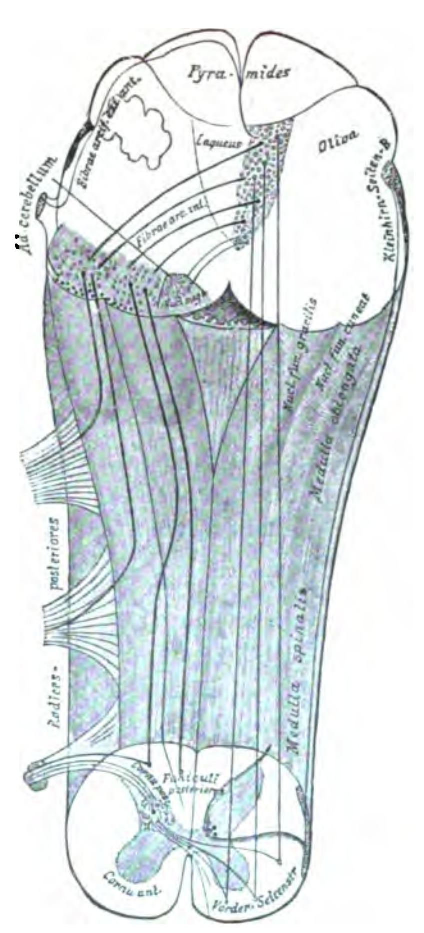


Fig. 50. Nach Edinger.

Die sensiblen Nerven, welche verschiedenen Functionen dienen, kreuzen sich im Rückenmarke in verschiedener Höhe. Indessen ist über den Ort noch wenig Sicheres bekannt. Aus der Beobachtung an einem Patienten auf Strümpell's Klinik in Erlangen[1]) geht hervor, dass sich die Nerven, welche die Kälte-,

1) Wilh. Fürnrohr. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. Bd. 22. S. 15. 1901.

die Wärme- und die Schmerzempfindung vermitteln, früher — weiter unten — kreuzen als die, welche die Tastempfindung und das Muskelgefühl vermitteln: Der Patient hatte in der Höhe des 2. Brustwirbels auf der rechten Seite durch einen Messerstich eine Verletzung des Rückenmarkes erlitten. In Folge dessen war das rechte Bein stark paretisch. Auf derselben, der ungekreuzten Seite zeigten sich auch der Drucksinn und das Lagegefühl herabgesetzt, auf der nicht gelähmten, gekreuzten Seite dagegen der Schmerz- und Temperatursinn.

Nach der Ansicht einiger Hirnanatomen gelangen sensible Fasern, welche dem Gefühlssinn dienen, zu sehr verschiedenen Theilen der Hirnrinde. Nach der Ansicht Anderer endigen alle in den beiden Centralwindungen, denselben Windungen, von denen, wie wir bald sehen werden, die secundären motorischen Bahnen, die Pyramidenbahnen, beginnen. Flechsig ist der Meinung, dass alle motorischen Bahnen von den Sinnescentren beginnen.[1]) Eine genauere Localisation der centralen Endigung der Leitung für die verschiedenen Sinne: Tastsinn, Wärmesinn, Kältesinn, Schmerzgefühl, Muskelsinn etc. ist noch ganz unmöglich. Noch viel weniger wissen wir etwas über die Endigung der Nerven, welche die sogenannten Gemeingefühle vermitteln: Hunger, Durst, Harndrang, Stuhldrang, Müdigkeit, Wollust, Kitzel, Jucken, Schauder etc. etc.

Ich will indessen nicht unerwähnt lassen, dass ein Centrum für das Hunger- und für das Durstgefühl im Schläfenlappen vermuthet wird. In der Sitzung der Clinical society of London vom 21. Febr. 1897 stellte Mr. Stephen Paget[2]) 14 Fälle von Riesenhunger und Riesendurst zusammen, welche in Folge von Verletzungen, Erschütterungen und Erkrankungen des Gehirnes entstanden waren. Es handelte sich nicht um Diabetes oder Reconvalescentenappetit. Meist schwand der Hunger oder Durst nach einigen Wochen oder Monaten. In zwei Fällen ergab die Section einen Abscess im Schläfenlappen (temporo-sphenoidal lobe). In der Discussion, welche dieser Mittheilung folgte, wurden noch drei weitere Fälle von hochgradigem Hunger und Durst

---

1) P. Flechsig, Bericht des Congresses für Psychologie in München 1897. S. 55.

2) Stephen Paget, British medical Journal. 1897. S. 461.

angeführt, in denen gleichfalls die Section einen Abscess im Schläfenlappen ergeben hatte. — Solche Angaben müssen vorläufig mit Reserve und Skepsis aufgenommen werden. Wir werden bald sehen, wie schwierig es ist, aus dem Sitz eines Abscesses auf den Sitz einer beobachteten Störung zu schliessen (siehe unten Vortrag 15).

Es bleibt uns jetzt nur noch übrig, von den centripetalen Leitungen diejenigen weiter zu verfolgen, welche mit den ersten Neuronen zu den Zellen der Clarke'schen Säule gelangen (vgl. oben S. 202). Von den Zellen dieser Säule gehen Neuriten aus, die in der Kleinhirnseitenstrangbahn hirnwärts ziehen und in den Corpora restiformia bis zum Wurm des Kleinhirns sich verfolgen lassen. Ueber die Bedeutung dieser Bahnen wissen wir nichts Sicheres, weil wir über die Functionen des **Kleinhirnes** noch nichts Sicheres wissen.

Vierzehnter Vortrag.

Die motorischen Bahnen im Rückenmark und Gehirn.

Sie erinnern sich aus der Anatomie, dass alle quergestreiften Muskeln — mit alleiniger Ausnahme des Herzmuskels — innervirt werden durch Neuriten, die aus den Ganglienzellen der Vorderhörner des Rückenmarks stammen oder aus den entsprechenden Kernen der Medulla oblongata und des Höhlengrau im Aquaeductus Sylvii: den Kernen des Accessorius, Hypoglossus, Ambiguus vagi, Facialis, dem motorischen Trigeminuskern, den Kernen des Abducens, Trochlearis und Oculomotorius. Die Reizung dieser Kerne oder der von ihnen zu den Muskeln ausgesandten Neuriten bewirkt eine Contraction der zugehörigen Muskeln. In der Norm gelangt der Reiz zu diesen Neuronen auf einem zweifachen Wege: 1. von den sensiblen Neuronen (siehe oben Fig. 49) her — dann haben wir es mit sogenannten **Reflexbewegungen** zu thun — und 2. durch die sogenannten secundären motorischen Bahnen, d. h. durch gewisse Neurone, deren Ganglienzellen bei den höheren Wirbelthieren in der sogenannten motorischen Sphäre (vgl. unten S. 212) des Grosshirnes sitzen und ihre Neuriten in der sogenannten Pyramidenbahn (*xa* Fig. 51) zu den Ganglienzellen der primären motorischen Bahn (*c* Fig. 51) senden. In diesem zweiten Falle haben wir es mit den sogenannten **willkürlichen Bewegungen** zu thun.

Wir wollen zunächst den ersten Fall, die **Reflexbewegungen** in's Auge fassen. An Kaltblütlern ist es leicht, die Reflexe zu studiren, wie sie unabhängig von der bewussten Gehirnfunction, vom Willen, von den secundären motorischen Bahnen hervortreten. Nach Abtragung des ganzen Gehirnes behalten bei den Kaltblütern die nervösen Elemente des Rückenmarkes und die Muskeln noch lange ihre Erregbarkeit bei. Sehr rasch erlischt

dagegen die Reflexerregbarkeit nach der Decapitation bei den Warmblütern, etwas langsamer bei jungen Thieren. Durch künstliche Durchblutung kann sie in einzelnen Körpertheilen noch länger erhalten bleiben.

Man kann aber bei Warmblütern den Zweck, die von der Hirnfunction unabhängigen Reflexe zu studiren, auch noch auf anderem Wege erreichen:

1. Im Schlafe. Wenn im Schlafe die Hirnfunction ruht, sieht man oft sehr regelmässige Reflexe auftreten, die im wachen Zustande der bewusste Wille hemmen oder modificiren würde.

2. Durch Unterbindung der vier Kopfarterien und künstliche Respiration.[1])

3. Wie ich bereits erwähnte (S. 181), kann man im unteren Theile des Rückenmarkes die Reflexe rein zur Beobachtung gelangen lassen, wenn man unterhalb der Abgangsstelle der Respirationsnerven das Rückenmark durchschneidet.

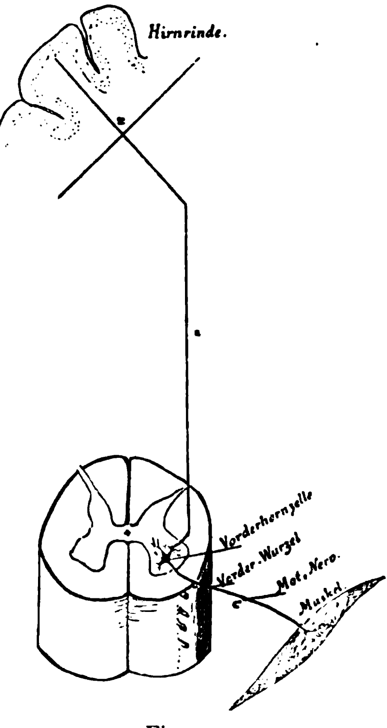


Fig. 51.

Die einfachste Form des Reflexes ist die (S. 202) bereits erwähnte des einfachen, einseitigen Niveaureflexes. Dieser tritt ein, wenn eine beschränkte Stelle der Haut leicht gereizt wird. Es contrahiren sich dann diejenigen Muskeln derselben Seite, deren Nerven in demselben Niveau aus dem Marke hervortreten, wie der gereizte sensible Nerv. Bei stärkerer Reizung contrahiren sich zunächst die Muskeln der anderen Körperhälfte im gleichen Niveau. Bei noch stärkerer Reizung werden die Muskeln auch

1) Sigm. Mayer, Wiener Sitzungsber. Bd. 73. Abth. 3. 1876.

anderer Niveaus contrahirt, und zwar schreitet die Erregung in der Regel zum Hirn zu fort.[1]) Schliesslich, wenn die Medulla oblongata erregt ist, können von dort aus alle Muskeln zur Contraction gebracht und der ganze Körper von Krämpfen befallen werden.

Diese Uebertragung des Reizes auf immer weitere Neurone erklärt sich aus dem histiologischen Bau des Rückenmarks. Dasselbe enthält ausser den motorischen und sensiblen Neuronen noch eine dritte Art von Neuronen, die keine Fortsätze zum Rückenmark hinaussenden, sondern die Aufgabe haben, jedes Nervenelement des Rückenmarks direct oder indirect mit jedem anderen in Beziehung zu bringen, sowohl die beiden symmetrischen Hälften eines Niveaus mit einander zu verknüpfen, als auch die verschiedenen Niveaus unter einander.

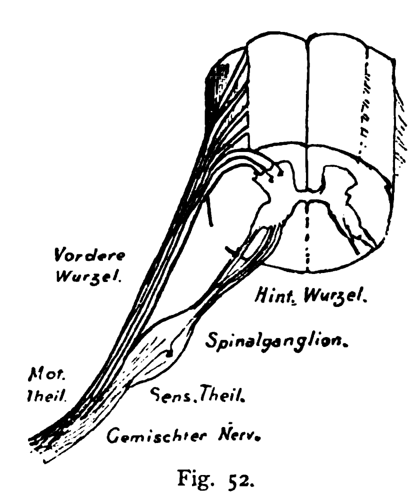


Fig. 52.

Dass in der That die ganze Musculatur des Körpers von jedem Punkte aus reflectorisch erregt werden kann, das sieht man bei der Strychninvergiftung: der geringste Reiz löst Krämpfe des ganzen Körpers aus. In der Norm vermag ein schwacher Reiz dieses nicht, weil der Reflexübertragung Hindernisse im Centralorgan im Wege stehen: Helmholtz[2]) hat gezeigt, dass ein Reflexvorgang weit mehr Zeit erfordert, als die blosse Nervenleitung auf einer gleich grossen Strecke. Es ist also ein Wider-

1) Ed. Pflüger, „Die sensorischen Functionen des Rückenmarkes der Wirbelthiere nebst einer neuen Lehre über die Leitungsgesetze der Reflexionen". Berlin 1853. Vgl. von neueren Arbeiten Ch. S. Sherrington, Philosophical Transactions of the royal society of London. Vol. 90. B. p. 45. 1898. Dort finden sich auch die früheren ausgezeichneten Arbeiten Sherrington's citirt, sowie die wichtigste übrige Literatur über die Reflexe.

2) Helmholtz, Bericht über die Verhandlungen der königl. preussischen Ak. d. Wissensch. zu Berlin 1854. S 332. Vgl. Rosenthal, Sitzungsber. d. phys.-med. Soc. zu Erlangen. 1. Febr. 1873. Wundt, Unt. z. Mechanik der Nerven und Nervencentren. Abth. 2. Stuttgart 1876. Exner, Pflüger's Arch. Bd. 8. S. 526. 1874.

stand im Centralnervensystem vorhanden. Dieser Widerstand wird vermindert, die Reflexzeit verkürzt durch die Strychninvergiftung. Die Reflexzeit wird ferner verkürzt, wenn die Intensität des Reizes wächst.[1]) Das ist beachtenswerth, weil die Geschwindigkeit der Nervenleitung unabhängig ist von der Intensität des Reizes. Auch diese Thatsache deutet auf Hindernisse, die sich im Centralnervensystem der Reizübertragung in den Weg stellen.

Diese Widerstände im Centralnervensystem werden also durch das Strychnin vermindert. Ebenso, aber schwächer, wirkt das Coffeïn. Deshalb sind Kaffee und Thee sogenannten nervösen, neurasthenischen Menschen besonders schädlich. Denn zu den Hauptsymptomen der Neurasthenie gehört eine ohnehin schon abnorm gesteigerte Reflexerregbarkeit. Man sieht die Neurastheniker bei plötzlichen Geräuschen erschreckt zusammenfahren. Herabgesetzt wird diese Reflexerregbarkeit durch Alkohol.[2]) Deshalb fühlen die Neurastheniker nach dem Genuss alkoholischer Getränke eine vorübergehende Erleichterung ihres Zustandes. Daraus erwächst für sie die Gefahr, der chronischen Vergiftung zu verfallen.

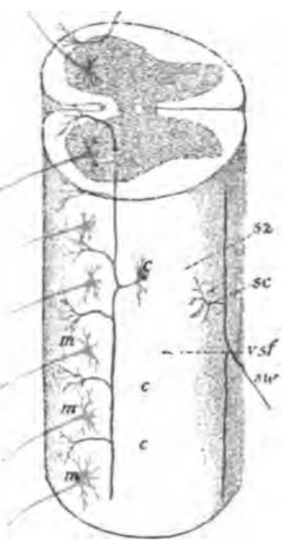


Fig. 53.
Nach Kölliker.

Die Function der übertragenden Neurone lässt sich noch auf anderem Wege demonstriren. Volkmann[3]) hat am Frosch gezeigt, dass, wenn er das ganze Rückenmark durch einen Längsschnitt in zwei symmetrische Hälften theilt, die einseitigen Niveaureflexe auf beiden Seiten erhalten bleiben. Lässt man bei dieser Trennung beide Hälften nur durch eine kleine Brücke grauer Substanz im Zusammenhange, so können sich die Reflexe in allen Niveaus auch auf die andere Seite ausbreiten. Dass die

1) Rosenthal, l. c.
2) J. C. Th. Scheffer. Nederl. Weekbl. No. 6. p. 217. 1900.
3) A. W. Volkmann, Müller's Archiv f. Anatomie u. Physiologie. Jahrgang 1838. S. 19—21.

histiologische Anordnung der Neurone dieses erklärt, sieht man auf der Abbildung Fig. 49 und Fig. 53.

In ganz analoger Weise wie im Rückenmark vollziehen sich auch im Gehirn die Reflexe. Ich erwähnte bereits die Reflexe vom Opticus und Trigeminus auf den Facialis und Oculomotorius (S. 178 u. 105). Es können ferner durch sensible Hirnnerven motorische Rückenmarksnerven erregt werden: ich erinnere z. B. an den Niesreflex, die Uebertragung vom Trigeminus auf die Respirationsnerven, und an den Hustenreflex, die Uebertragung von den sensiblen Vagusfasern (Laryngeus superior) auf die Respirationsnerven.

Als praktisch, in diagnostischer Hinsicht besonders beachtenswerth seien hier noch die **Sehnenreflexe** erwähnt, die zuerst von Erb und von Westphal im Jahre 1875 näher erforscht worden sind. Wenn man auf die Patellarsehne des Musculus quadriceps mit der Kante der Hand oder mit dem Percussionshammer einen plötzlichen Schlag ausführt, so contrahirt sich der Quadriceps.

Man stellt den Versuch am einfachsten so an, dass man in sitzender Stellung ein Bein über das andere schlägt und auf das herabhängende Bein zwischen Patella und Tuberositas tibiae den Schlag führt. Dann sieht man eine plötzliche Streckbewegung des Beines eintreten; der Unterschenkel hebt sich.

Aehnliche Sehnenreflexe beobachtet man auch an anderen Muskeln des Beines und Armes. In den Sehnen und den angrenzenden Theilen des Periostes und der Knochen endigen die Dendriten sensibler Neurone.[1]) Diese sensiblen Neurone bilden mit den motorischen der betreffenden Muskeln einen Reflexbogen.

Westphal hatte die reflectorische Natur des Sehnenphänomens zu leugnen gesucht; er glaubte die Erscheinung erklären zu können als „die Folge einer directen, durch Erschütterung, resp. Dehnung des Muskels hervorgerufenen mechanischen Muskelreizung". Diese Erklärung wurde widerlegt durch die folgenden Thatsachen. 1. Der Thierversuch lehrt, dass nach Durchschneidung der Muskelnerven der Reflex ausbleibt. 2. Nach Durchschneidung der Sehne — nach der Trennung der Sehne vom

---

1) Vgl. oben S. 25 die Untersuchungen von Sachs.

Muskel — tritt doch noch der Sehnenreflex ein.[1]) Für die reflectorische Natur des Sehnenphänomens sprechen ferner gewisse klinische Beobachtungen: das Auftreten von Zuckungen entfernter Muskeln und gekreuzte Zuckungen auf einen von der Sehne ausgehenden Reiz. Beim Tabeskranken bleibt der Patellarreflex aus, obgleich der Musculus quadriceps und sein Nerv direct erregbar sind. Sehr auffallend ist es, dass die Sehnenreflexe nur durch mechanische Reize ausgelöst werden und zwar nur durch plötzliche Erschütterungen oder Dehnungen, niemals durch Druck, Nadelstiche, thermische oder elektrische Reize.

Die Bedeutung der Sehnenreflexe ist uns noch völlig räthselhaft. So wichtig die Sehnenreflexe für die Diagnose gewisser Erkrankungen des Rückenmarks sind, so wenig wissen wir etwas über den Nutzen, den diese Reflexe dem gesunden Organismus gewähren. Strümpell[2]) äussert sich darüber folgendermaassen: „Zwar hat man gemeint, die reflectorische Zusammenziehung des Quadriceps bei einer plötzlichen Anspannung seiner Sehne könne uns bei plötzlichem Straucheln vor dem Falle bewahren. Wohl mag in einer derartigen Regelung der Bewegung die ursprüngliche Bedeutung der Sehnenreflexe zu suchen sein. Dass die Sehnenreflexe aber auch jetzt noch beim Menschen diese Aufgabe zu erfüllen haben, erscheint ganz zweifelhaft, wenn man bedenkt, wie zahlreiche Menschen mit fehlenden Patellarreflexen (bei beginnender oder rudimentärer Tabes, nach abgelaufenen Neuritiden u. s. w.) nicht die geringste Unsicherheit ihrer Körperbewegungen oder eine besondere Gefährdung dabei darbieten. Und welchen Zweck vollends sollten die mannigfaltigen, aber sehr inconstanten Sehnenreflexe an der oberen Extremität des gesunden Menschen haben? Auch sie kommen gewiss grössten Theils nur dann gewissermaassen zufällig einmal zum Vorschein, wenn der Percussionshammer eines untersuchenden Arztes die Sehne eines Armmuskels oder einen Vorsprung der Armknochen trifft. Dass die nothwendigen anatomischen Wege für alle diese Reflexe vorhanden sind, weist darauf hin, dass diese Reflexe in der phylogenetischen Reihe früher ein-

1) M. Sternberg, Die Sehnenreflexe und ihre Bedeutung für die Pathologie des Nervensystems. Leipzig und Wien, Deuticke. 1893. Dort findet sich die Litteratur zusammengestellt.

2) Ad. Strümpell, Deutsche Zeitschrift für Nervenheilkunde. Bd. 15, S. 272. 1899.

mal von Bedeutung waren, während sie jetzt gegenüber den „centralen Reflexen", d. h. den viel complicirteren und zweckentsprechenderen geordneten Abwehr- und Schutzbewegungen ganz in den Hintergrund getreten sind. Darum kann man zahlreiche Reflexe, wie anfangs erwähnt, gewissermaassen als „rudimentäre Functionen" bezeichnen. Je höher die Organisation entwickelt ist, um so mehr verlieren die rein spinalen Reflexe, deren anatomische Grundlage durch die ursprüngliche segmentäre Anordnung des Thierkörpers bedingt ist, an Bedeutung."

So viel über die Reflexe, d. h. die Erregung der motorischen Neurone durch die sensiblen. Die zweite Art der Erregung, die sogenannte **willkürliche Erregung,** wird den primären motorischen Neuronen zugeführt durch die secundären motorischen Neurone, deren Ganglienzellen, wie erwähnt, in der sogenannten motorischen Sphäre der Grosshirnrinde, in der Umgebung des Sulcus centralis (siehe oben Fig. 44) sich finden und von dort aus ihre Neuriten zu den motorischen Kernen des Hirnes und zu den Vorderhörnern des Rückenmarkes senden. Diese Faserzüge nennt man die **Pyramidenbahnen.**

Es ist das Verdienst Paul Flechsig's[1]), die Pyramidenbahnen genauer verfolgt zu haben. Er bediente sich dazu einer Methode, die sich seitdem als ungemein fruchtbringend bewährt hat. Diese Methode beruht darauf, dass die verschiedenen Faserzüge im Gehirn und Rückenmark zu verschiedenen Zeiten ihre Markscheide erhalten[2]), die Markscheiden aber mit Hämatoxylin sich dunkelblau färben, während die übrigen Gewebselemente ungefärbt bleiben.

Vielfache Beobachtungen gaben zu der Vermuthung Anlass, dass die Nervenfasern erst dann anfangen zu fungiren, wenn sie ihre Markscheiden bekommen. So haben z. B. die blindgeborenen Kaninchen noch keine Markscheide im Opticus zur Zeit der Geburt. Der Mensch dagegen, der vom ersten Tage an sieht, hat

---

1) P. Flechsig, „Die Leitungsbahnen im Gehirn u. Rückenmark des Menschen". Leipzig, Engelmann. 1876. „Gehirn und Seele". Leipzig, Veit & Comp. 1896.

2) Das Auftreten der Markscheiden zu verschiedenen Zeiten in verschiedenen Faserzügen im Gehirn des Fötus und nach der Geburt hatte schon vor Flechsig Th. Meynert beobachtet: Sitzungsberichte der math.-nat. Klasse der k. Akad. d. W. in Wien. Bd. 60. Abth. 2. Jahrgang 1869. S. 452.

schon bei der Geburt — wenn auch unvollkommen ausgebildete — Markscheiden im Opticus, und die Ausbildung schreitet nach der Geburt rasch fort.[1]) Die Pyramidenbahnen haben beim Menschen und den Säugethieren zur Zeit der Geburt noch keine Markscheiden. Dem entsprechend konnte Soltmann[2]) durch Reizung der motorischen Sphäre bei neugeborenen Hunden keine

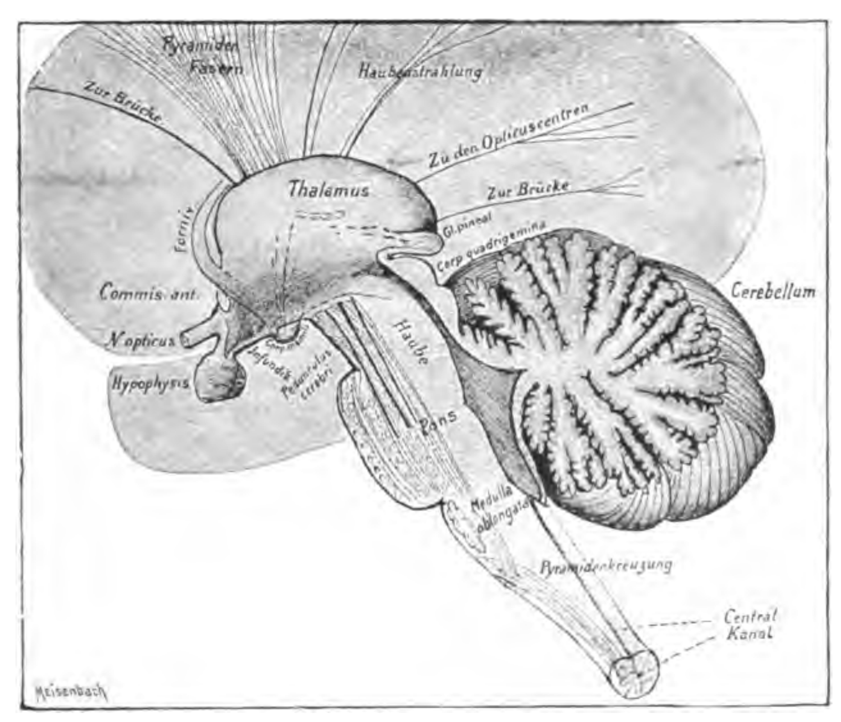


Fig. 54. Nach Edinger.

Bewegungen auslösen. Erst gegen den zehnten Lebenstag treten Erfolge ein, zuerst für die Vorderpfoten. — Indessen bleibt dieser

1) A. Westphal, Archiv f. Psychiatrie. Bd. 29, S. 474. 1897. Dort sind auch die früheren Arbeiten über die Markscheidenbildung citirt und die Frage nach der Bedeutung der Markscheide kritisch beleuchtet.

2) Soltmann, Jahrb. d. Kinderheilk. N. F. Bd 9, S. 106. 1875. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1875. S. 209. A. Bary (Du Bois' Arch. 1898. S. 34) konnte die Angabe Soltmann's nicht in allen Fällen bestätigen. Die Mehrzahl der neugeborenen Hunde und Katzen reagirte auf Reizung der motorischen Sphäre, aber mit rascher Erschöpfbarkeit. Neugeborene Kaninchen reagirten nie.

Zusammenhang zwischen Markscheidenentwicklung und Functionsfähigkeit der Nerven vorläufig eine blosse Vermuthung.

Die Bedeutung der Markscheide ist noch nicht festgestellt. Solange man in dem Vorurtheil befangen war, die Nervenleitung sei ein elektrischer Vorgang, glaubte man, die Markscheide bilde den Isolator. Davon ist man abgekommen. Es spricht dagegen schon der Umstand, dass innerhalb einer Markscheide ein ganzes Bündel getrennt leitender Fasern liegt. Der Axencylinder wird überall, wo man ihn genau untersucht hat, gestreift gefunden (vgl. oben S. 7), und, wenn er die Markscheide verlässt — im Centrum wie an der Peripherie —, so splittert er sich auf. Die Bedeutung der Markscheide ist vielleicht die, einen Nahrungsspeicher für den activen Theil der Nervenfaser, den Axencylinder, zu bilden (vgl. unten Vortrag 22).

Mit Hülfe dieser auf der Färbung der Markscheiden beruhenden Methode also gelang es Flechsig, den Verlauf der Pyramidenbahn genau zu verfolgen. Sie erinnern sich dieses Verlaufes aus der Anatomie. Sie erinnern sich, wie die Fasern von den Gyri centrales anterior und posterior kommend durch die Capsula interna mit der Fussfaserung der Hirnschenkel zur Brücke ziehen und an der unteren Seite der Brücke als Pyramiden der Medulla oblongata zum Vorschein kommen (Fig. 55), wie sie an der Uebergangsstelle zum Rückenmark eine theilweise Kreuzung eingehen (Fig. 56), wie der grössere gekreuzte Theil in der Pyramidenseitenstrangbahn weiterzieht, der kleinere ungekreuzte Theil dagegen in der Pyramidenvorderstrangbahn des Rückenmarkes (Fig. 49 u. 56). Von allen diesen Fasern trennen sich Collateralen ab, deren Endbäumchen zu den Ganglienzellen der Vorderhörner nach Ansicht der meisten Histiologen in Beziehung treten. Die Pyramidenfasern übertragen also die von der Grosshirnrinde kommenden Reize auf die primären motorischen Neurone. Die ganze Leitung von der Hirnrinde bis zum Muskel würde somit nach dieser Annahme nur durch zwei Neurone bewirkt. Gegen diese Ansicht trat jedoch C. v. Monakow[1]) auf. Monakow hatte Hunden und Katzen eine Grosshirnhemisphäre exstirpirt und nach Ablauf längerer Zeit die Degeneration der Pyramidenfasern bis in's Rückenmark verfolgt.

1) C. v. Monakow. Arch. f. Psychiatrie. Bd. 27. S. 51, 52, 55, 471 bis 473. 1895.

Niemals sah er auf den Querschnitten des Rückenmarks die degenerirten Pyramidenfasern zu den Ganglienzellen der Vorderhörner in Beziehung treten. Dagegen beobachtete er Veränderungen in den Processus reticulares des Cervicalmarkes und in der Gegend des Uebergangs vom Vorderhorn auf das Hinterhorn. Monakow nimmt daher an, dass in diesen Theilen des Rückenmarkes „Schaltzellen" sich finden, welche zwischen die „Pyramidenfaserneurone" und die „Wurzelzellenneurone" eingeschaltet sind, so dass also wenigstens drei Neurone die Leitung von der Hirnrinde bis zum Muskel zu Stande bringen. Dieser Ansicht Monakow's traten Schäfer[1]) und in neuester Zeit S. Simpson[2]) bei. Monakow's Ansicht stimmt auch viel besser zu den physiologischen Thatsachen als die Annahme der meisten Histiologen, welche sich die motorische Leitung von zwei Neuronen zu Stande gebracht denken. Ich erinnere an den Goltz-schen Hund ohne Grosshirn (S. 178). Es wäre gar nicht zu verstehen, wie hier die coordinirten Bewegungen zu Stande kamen, wenn die Muskeln von lauter einzelnen, isolirten Neuronen innervirt würden. Wir müssen „Schaltzellen" annehmen, welche Coordinationscentren bilden.

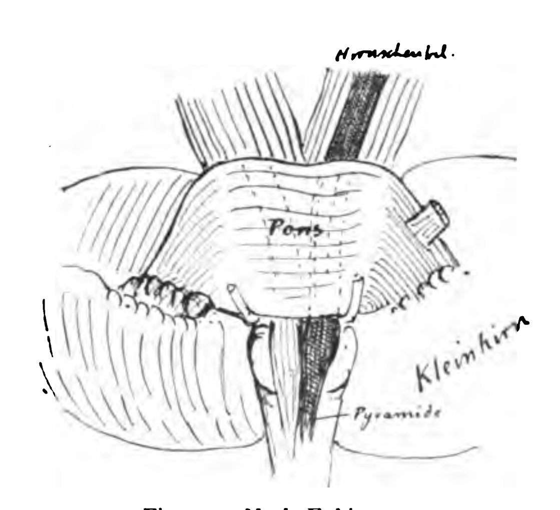


Fig. 55. Nach Edinger.

Man glaubte früher, dass auch die Fasern der Pyramidenvorderstrangbahn eine allmähliche Kreuzung eingehen. Dieses ist aber nach neueren Untersuchungen nicht der Fall. Man hatte sich getäuscht durch die vielen sensiblen Fasern, die, wie erwähnt (S. 202), in der vorderen Commissur sich kreuzen.

1) E. A. Schäfer. Journal of Physiology. Vol. 24. p. 22. 1899.

2) Sutherland Simpson. Proceedings of the Scottish microscopical Society. Vol. III. p. 158. 1903.

Die Pyramidenvorderstrangbahn findet sich nur beim Menschen. Das aber ist keine wesentliche Verschiedenheit der Organisation, da bei den Thieren ein der Vorderstrangbahn entsprechender ungekreuzter Theil der Pyramidenbahn neben der gekreuzten Seitenstrangbahn verläuft. Dass dieser Unterschied kein wesentlicher ist, geht auch daraus hervor, dass bei 15 % der menschlichen Leichen gleichfalls die Pyramidenvorderstrangbahn fehlt.[1])

Wohl aber besteht ein bedeutender gradueller Unterschied zwischen dem Menschen und den übrigen Säugethieren insofern, als bei keinem Thiere die Pyramidenbahn so stark entwickelt ist, wie beim Menschen. Ich erwähnte ja schon in unseren einleitenden Betrachtungen (S. 159), dass nach den Untersuchungen Meynert's die Fussfaserung der Hirnschenkel beim Menschen am stärksten entwickelt ist und dass sie den Fischen, Amphibien und Reptilien — nach Ansicht einiger Autoren auch den Vögeln — noch vollständig fehlt. Von dieser Fussfaserung machen die Pyramidenbahnen einen bedeutenden Theil aus. Diese Thatsache, sowie die unvollständige Entwicklung der Pyramidenbahn beim Neugeborenen und ihr Ursprung von der Grosshirnrinde sprechen für die Annahme, dass die Pyramidenbahnen den Einfluss des bewussten Willens auf die motorischen Neurone vermitteln.

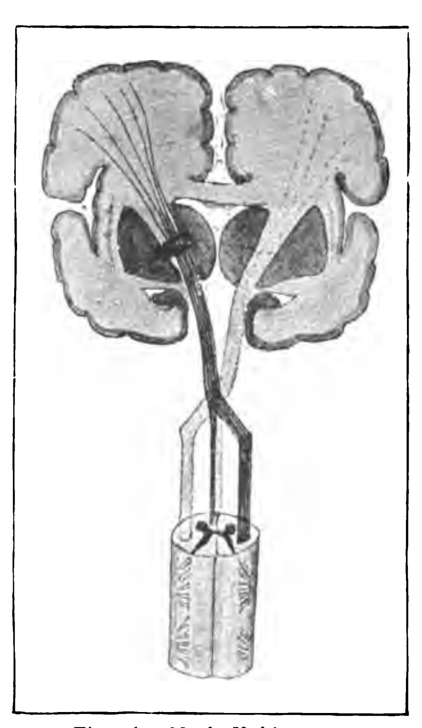


Fig 56. Nach Edinger.

Es sprechen dafür ferner die pathologischen Beobachtungen. Erkrankungsherde (Tumoren, Blutextravasate, Abscesse, embo-

1) P. Flechsig, „Die Leitungsbahnen im Gehirn u. Rückenmark". Leipzig, Engelmann. 1876. S. 270ff.

lische Erweichungsherde) in der motorischen Sphäre der Grosshirnrinde oder in den Pyramidenbahnen heben den willkürlichen Gebrauch der betroffenen Muskeln auf. Die Sektion solcher Fälle ergiebt ausnahmslos eine absteigende Degeneration der Pyramidenbahn (Fig. 56).

Den exactesten Beweis aber lieferte das Experiment. Es lassen sich durch schwache elektrische Reizung die Punkte der Grosshirnrinde genau ausfindig machen, von denen her jede einzelne Muskelgruppe innervirt wird. Diesen Nachweis führten zuerst Fritsch und Hitzig[1]) durch Versuche an Hunden. Ihre Angaben wurden vielfach bestätigt, in neuester Zeit durch sehr genaue Versuche an den menschenähnlichsten Thieren, am Macacus und am Orang von Victor Horsley[2]). Die Abbildung (Fig. 57) giebt genau die Punkte der Grosshirnoberfläche an, von denen aus beim Affen die angegebenen Muskelgruppen der gekreuzten Seite des Körpers innervirt werden. Bei schwacher elektrischer Reizung dieser Punkte bewegen sich ausnahmslos die angegebenen Körpertheile. Verstärkt man den Strom, so werden auch die Nachbarmuskeln miterregt.

Horsley und Beevor[3]) begnügten sich nicht damit, die motorischen Rindenfelder genau zu bestimmen; sie suchten den Verlauf der Fasern für jede einzelne Muskelgruppe weiter zu verfolgen; sie bestimmten genau den Ort, wo jede Fasergruppe die Capsula interna passirt. Sie legten in 45 Experimenten am Macacus sinicus in der Aethernarcose, nach Unterbindung der mittleren Cerebralarterie durch Horizontalschnitte die Capsula interna frei. Sie theilten die Horizontalfläche auf einer Abbildung in Felder von Millimeterquadraten und bestimmten den Reizeffect jedes einzelnen Feldes. Die Schnittfläche wurde photographirt.

Schliesslich haben englische Chirurgen gezeigt, dass auch beim Menschen die Lage der motorischen Rindencentren dieselbe ist wie beim Affen. Der Chirurg kann nämlich in die Lage kommen, beim Menschen die Stelle der Grosshirnrinde auf-

---

1) G. Fritsch u. E. Hitzig, Du Bois' Arch. 1870. S. 300.

2) Horsley and Beevor, Philosophical Transactions. Vol. 179. B. p. 205 u. Vol. 181. B. S. 129. 1890. Vgl. W. v. Bechterew, Arch. f. An. u. Physiol. 1900. S. 25 und Suppl. S. 145; ferner A. S. F. Grünbaum and C. S. Sherrington, Proceed. Roy. Soc. Vol. 69. p. 206. 1901.

3) Horsley and Beevor, Phil. Tr. 1890. Vol. 181. B. p. 49.

suchen zu müssen, von wo aus eine bestimmte Muskelgruppe innervirt wird, wenn diese Gruppe von Krämpfen befallen wird. Es ist dieses der Fall bei der sogenannten partiellen Epilepsie oder Jackson'schen Epilepsie. Sie wissen, dass bei der Epilepsie anfallsweise am ganzen Körper Krämpfe auftreten. Hierbei nimmt man eine abnorme Reizung der motorischen Sphäre an, obgleich sie anatomisch noch nicht nachgewiesen ist. Bei der partiellen Epilepsie aber lässt sich bisweilen die Erkrankung der Hirnrinde auf einem engbegrenzten Theile der motorischen Sphäre ana-

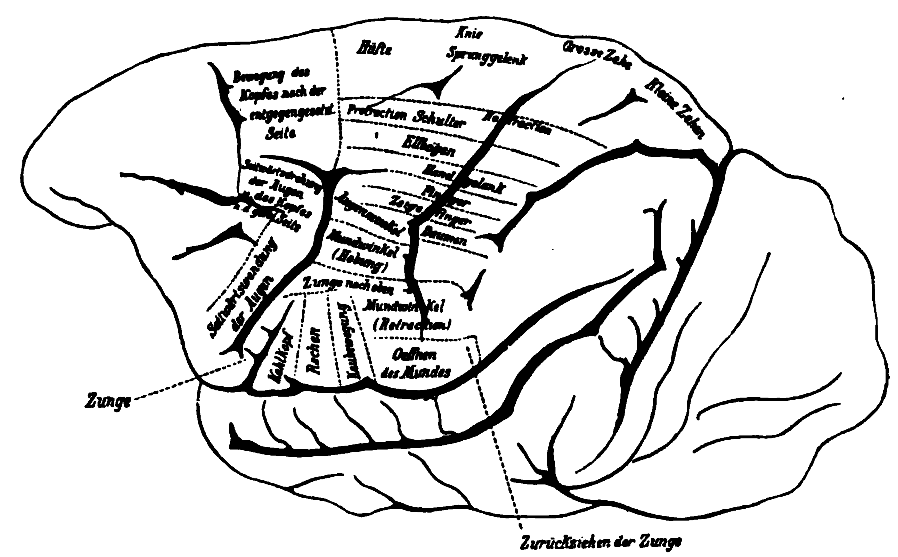


Fig. 57. Nach Horsley und Beevor.

tomisch nachweisen. Es werden dann nur gewisse Arm-, Bein- oder Gesichtsmuskeln von Krämpfen befallen. In solchen Fällen sahen die Chirurgen sich veranlasst, genau die Stelle zu suchen, von der aus die betroffenen Muskeln erregt wurden. Das ist schwierig, weil die Lage jedes Gyrus zu den Nähten des Schädels keine constante ist. Es kommt darauf an, möglichst wenig von der Rinde zu exstirpiren, weil die betreffenden Muskeln nach der Exstirpation gelähmt werden und die Lähmung grösserer Muskelgruppen oft für den Patienten ein schlimmeres Uebel ist, als die epileptischen Anfälle. Deshalb wird zunächst annähernd durch ein Trepanloch die betreffende Gegend der Rinde bloss-

gelegt und dann durch genaues vorsichtiges Abtasten mit den Polen des faradischen Stromes die erkrankte Stelle aufgesucht. Bei diesen Gelegenheiten hat es sich nun herausgestellt, dass die Anordnung der motorischen Rindencentren beim Menschen in überraschender Weise mit derjenigen der Affen übereinstimmt.[1])

Man pflegt heutzutage bei derartigen Hirnoperationen kein Trepanloch mehr anzulegen, sondern es wird in weiter Ausdehnung die Hirnoberfläche blossgelegt, indem man ein mehr als handtellergrosses Stück des Schädeldaches ummeisselt, das an einer Seite mit der Kopfhaut in Zusammenhang bleibt und umgeklappt werden kann wie eine Thüre in ihren Angeln. Nach der Operation wird das Schädelstück in die frühere Lage gebracht und eingenäht.

In neuester Zeit hat W. v. Bechterew[2]) drei Fälle beschrieben, in denen er die Hirnoberfläche in weiter Ausdehnung blossgelegt hatte. Auch er bestätigt die Angaben der früheren Autoren von der Uebereinstimmung in der gegenseitigen Lage der motorischen Rindencentren beim Menschen und Affen. Bechterew giebt zugleich an, dass beim Menschen wie beim Affen die einzelnen motorischen Centren durch nicht elektrisch reizbare Gebiete von einander getrennt sind. Auf der Fig. 58 sind die bisher bekannt gewordenen Rindencentren des **Menschen** angegeben.

Diese bisherigen Ergebnisse der Hirnchirurgie sind für die Physiologie von unschätzbarem Werthe. Denn man kommt heutzutage von der Eröffnung des Schädels ab und wird vielleicht in Zukunft keine derartigen Experimente am Menschen mehr anstellen. E. von Bergmann hat in seiner Rede[3]) auf dem internationalen medicinischen Congresse in Moskau im Sommer 1897 davor gewarnt und gerathen, die Operationen zu beschränken auf gewisse ganz bestimmte Fälle von Störungen in der motorischen Sphäre, die allein sicher und richtig diagnosticirt werden können.

---

1) Einige solche Beobachtungen sind zusammengestellt von Mills und mitgetheilt auf dem Congress im Washington am 19. Sept. 1888 und darauf in der Zeitschrift „Brain" 1889. Vgl. ferner Keen, American Journal of Med. sciences. Nov. 1888, J. B. Deaver, ibid. p. 477 und C. B. Nancrede, Medical News. Nov. 24. 1888.

2) W. v. Bechterew, Arch. f. Anatomie u. Physiologie 1899. Supplement-Band II. Hälfte. S. 543 und 1900. S. 22.

3) Abgedruckt in Volkmann's Vorträgen. No. 200. 1897.

Auch in diesen Fällen seien Misserfolge sehr häufig, weil 1. der Tumor oft tief sitzt und die Schädelöffnung ihn nicht erkennen lässt, weil 2. die Gefahr des Shocks sehr gross ist. Nach einer Statistik von Auvray starben bei 75 Eröffnungen des Schädels mit Geschwulstexstirpation 13 Operirte, also 17,3 % in der ersten Stunde nach der Operation, „der grösste Theil doch wohl am Shock.“ Noch mehr Todesfälle kurze Zeit nach der Schädelöffnung sind beobachtet worden auch ganz ohne Exstirpation bei der blossen Probeeröffnung. Drittens macht v. Bergmann

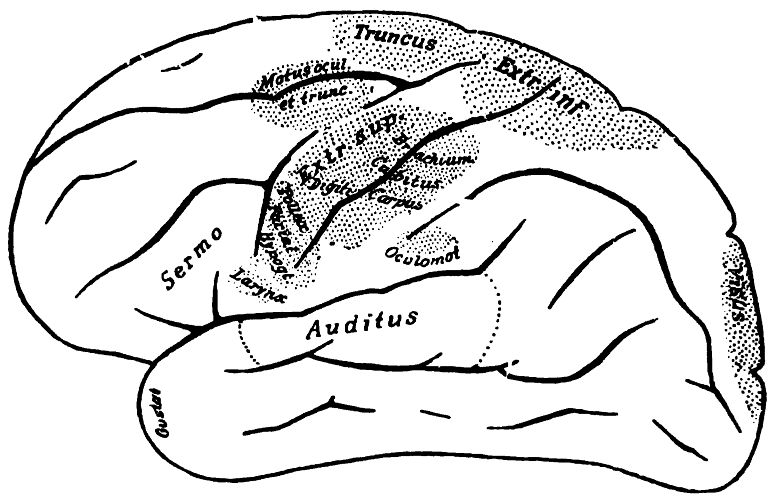


Fig. 58. Nach Edinger.

auf die Gefahren des Vernarbungsprocesses aufmerksam: Die Hirnoberfläche verwächst mit der Dura und diese mit dem Knochen. Daraus resultiren dieselben Zustände, welche zufälligen Schädelverletzungen folgen und zu epileptischen Anfällen führen. Eine vierte Gefahr besteht in dem nicht seltenen Prolaps der Hirnsubstanz in Folge von Hydrocephalus internus.

Bergmann hat bei der Epilepsie, der allgemeinen wie der speciellen, sehr wenig ermuthigende Resultate mit der Schädeleröffnung erzielt. Er hat „wohl 50 mal in solchen Fällen operirt und nur 2 mal ein wirkliches und bleibendes Resultat erreicht“.

Wie die Abbildung Fig. 58 zeigt, liegen die Rindenkerne, von denen aus die motorischen Centren der Hirnnerven innervirt werden, nahe von den Rindenkernen, welche die Pyramidenbahnen

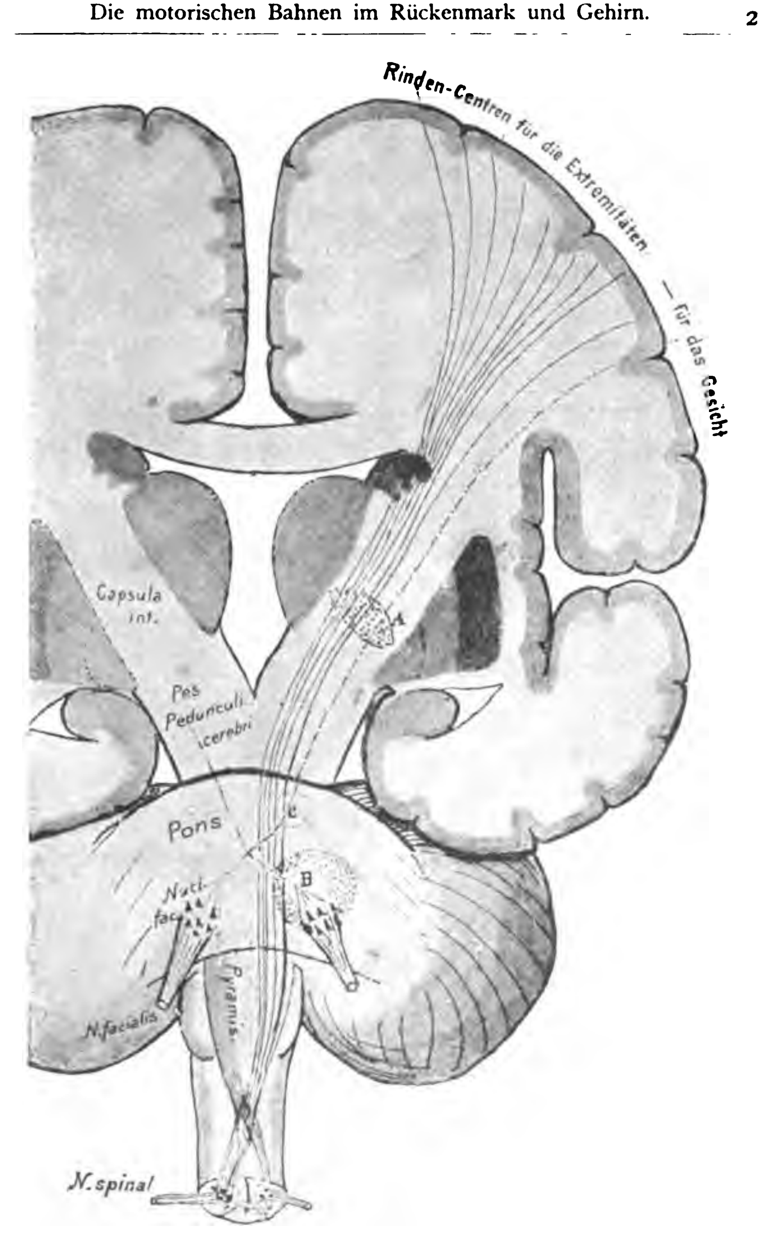


Fig. 59. Nach Edinger.

zu den Vorderhörnern des Rückenmarkes senden. So liegen zum Beispiel die Rindenkerne des Facialis und des Hypoglossus ganz nahe bei den Centren für die Armmuskulatur. Die Pyramiden-

bahnen dieser Kerne laufen anfangs dicht neben einander, die Fasern des Facialis und Hypoglossus aber kreuzen sich früher als die Pyramidenbahnen im engeren Sinne, d. h. die Fasern, welche zum Rückenmarke gehen (Fig. 59).

Es ist für die Diagnostik der Hirnkrankheiten, für die genaue Localisation des Erkrankungsherdes am Lebenden wichtig, diese anatomischen Verhältnisse genau zu kennen. Man kann bisweilen aus der gleichzeitigen Lähmung zweier Muskelgruppen genau die Lage eines Erkrankungsherdes feststellen. Sind zum Beispiel die Gesichtsmuskeln rechts, die Extremitäten aber links gelähmt, so muss der Erkrankungsherd in der Brücke, in der Gegend *B* sitzen. Sind Arm und Facialis derselben Seite gelähmt, so muss der Sitz des Erkrankungsherdes im mittleren und unteren Theil der Gyri centrales an der gekreuzten Seite gelegen sein oder in der Pyramidenbahn oberhalb der Brücke. Eine gleichzeitige Lähmung des Beines und des Facialis ohne Lähmung des Armes ist nach der Anordnung der Rindencentren nicht denkbar und auch thatsächlich nie beobachtet worden. In der Capsula interna liegen die Bahnen für den Facialis und die Glieder auf einem engen Raume beisammen. Hier kann also schon eine ganz kleine, umschriebene Herderkrankung zu einer vollständigen Hemiplegie führen, und die klinische Erfahrung lehrt in der That, dass die meisten dauernden Hemiplegien durch Erkrankung dieser Stelle bedingt sind. Eine eingehendere Besprechung aller dieser Verhältnisse gehört in die Pathologie.

Es muss auffallen, dass beim Menschen Verletzungen der motorischen Rindencentren und der Pyramidenbahnen zu Lähmungen führen, nicht aber bei den übrigen Säugethieren. Ich erinnere an den Goltz'schen Hund ohne Grosshirn, bei dem kein Muskel gelähmt war.

Indessen ist es noch fraglich, ob die Lähmungen beim Menschen wirklich immer bleibende sind, wenn nur die Pyramidenbahnen degenerirt sind und nicht die primären motorischen Bahnen. Flechsig[1]) hat beobachtet, dass beim Menschen „das Bein noch als Stütze des Körpers und zur Fortbewegung verwandt werden kann, auch wenn die Pyramidenbahnen völlig zerstört sind".

1) P. Flechsig, „Gehirn u. Seele". Leipzig, Veit & Comp. 1896. S. 48.

Man war lange der Meinung, die motorische Sphäre der Hirnrinde könne nur elektrisch erregt werden. Diese Annahme stand im Widerspruch zu den Beobachtungen bei der partiellen Epilepsie. Hier musste man doch an mechanische oder chemische Reize denken. Es war deshalb ein beachtenswerthes Ergebniss, als es Luciani[1]), François-Frank und Pitres[2]) und Landois[3]) gelang, zu zeigen, dass unter gewissen Bedingungen auch mechanische und chemische Reize von der motorischen Sphäre der Hirnoberfläche aus Muskelcontractionen auslösen. Landois zeigte insbesondere, dass gewissen Harnbestandtheilen — dem Kreatin, Kreatinin und dem phosphorsaurem Kali — dieser Reizeffect zukommt. Es war ihm darum zu thun, die Convulsionen bei der Urämie zu erklären.

Die motorischen Neurone können von der Hirnrinde aus nicht nur erregt, sondern auch gehemmt werden.[4]) Die bekannteste **Hemmungswirkung** ist das Anhalten der Athembewegung. Wir können ganz willkürlich in jedem Augenblick die Athembewegung in jedem Stadium der Inspiration oder Expiration hemmen. Jeder kann sich durch Selbstbeobachtung davon überzeugen, dass diese Hemmung nicht etwa durch Anspannung antagonistischer Muskeln zu Stande kommt, sondern durch eine Hemmung der Erregung, des Nervenreizes. Weitere bekannte Beispiele sind die Hemmung des Augenschlusses beim Annähern eines Gegenstandes an das Auge — die Hemmung der Zuckung auf Kitzeln etc. Die Frage, in welchen Bahnen diese Hemmungsanstösse verlaufen, ob es dieselben Bahnen sind, welche die Reize zur Bewegung einschlagen, die Pyramidenbahnen, ist noch völlig unentschieden.

Bei den niederen Thieren fehlt die Pyramidenbahn, und doch lässt sich die vom Gehirn ausgehende Hemmung nachweisen. Wenn man einem Frosche das Grosshirn exstirpirt, ihn aufhängt

---

1) Luciani, Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1883. S. 897. Arch. ital. d. biologie. IV. p. 268. 1883.

2) François Franck et A. Pitres, Archives de Physiologie 1883. II. p. 1 et p. 101.

3) Landois, Deutsche med. Wochschr. 1887. No. 31 und 1890. No. 29.

4) Eine kurze, übersichtliche und interessante, wenn auch lange nicht vollständige Zusammenstellung der Litteratur über die Hemmungsvorgänge hat S. J. Meltzer geliefert in seiner Abhandlung „Inhibition“, reprinted from the New York Medical Journal for May 13, 20 and 27. 1899.

und dann eine Hinterpfote in verdünnte Säure taucht, so zieht er sie nach 5—7 Secunden in die Höhe. Wenn jetzt die Lobi optici gereizt werden durch Anlegung eines Schnittes oder durch Auflegen von Kochsalzkrystallen auf die Schnittfläche, so dauert es länger, bis der Reflex auf den Säurenreiz eintritt, oder er bleibt auch ganz aus. Wird jetzt aber durch einen Schnitt am Calamus scriptorius der Rumpf vom Hirn getrennt, so tritt der Reflex wieder ganz rasch und regelmässig ein.

Die Hemmungswirkungen am Herzmuskel und an der glatten Muskulatur der Blutgefässe werden wir in der Mechanik des Kreislaufes besprechen (Bd. II).

Hier ist der Ort, noch einmal im Zusammenhange auf die bereits erwähnte (S. 166) auffallende Erscheinung zurückkommen, dass beim Menschen die Reflexvorgänge im Rückenmarke sich anders verhalten als bei den Säugethieren. Wird beim Säugethier der Zusammenhang zwischen dem Gehirn und einem Theil des Rückenmarkes unterbrochen, so treten in dem Rückenmarke unterhalb der Unterbrechungsstelle die Niveaureflexe um so deutlicher hervor. Nur vorübergehend — durch die sogenannte Shockwirkung — können sie ausfallen. Beim Menschen dagegen fallen diese Reflexe fast ausnahmslos definitiv fort. Eine Beobachtung wie die erwähnte von Marshall Hall (S. 166) gehört zu den Ausnahmen, und man könnte vermuthen, dass in diesem Falle die Leitungsunterbrechung im oberen Theile des Rückenmarkes keine vollständige gewesen war.

Insbesondere H. Ch. Bastian[1]) in London wurde durch seine klinischen Beobachtungen dahin geführt, zu betonen, dass bei Querschnittsläsionen des Hals- und oberen Brustmarkes beim Menschen — hervorgerufen durch Compressionen bei Wirbelcaries, durch Wirbelfracturen, durch Tumoren und traumatische Läsionen des Rückenmarkes — die Reflexe in den Beinen völlig und definitiv erlöschen.

Wie diese Thatsache zu deuten ist, bleibt noch fraglich. Man hat vorläufig drei Hypothesen aufgestellt:

1) H. Charlton Bastian, Medico-chirurgical Transactions. Vol. 73. p. 151. 1890. Vgl. auch L. Bruns, Arch. f. Psychiatrie. Bd. 25. S. 759. 1893; J. Rosenthal u. M. Mendelssohn, Neurolog. Centralbl. 1897. No. 21 u. Ad. Strümpell, Deutsche Zeitschr. für Nervenheilkunde. Bd. 15. S. 254. 1899.

1. Man kann sich denken, dass beim Menschen der Reflexbogen für die Beine gar nicht durch den unteren Theil des Rückenmarkes gehe, sondern höher hinauf bis in's Gehirn reiche und folglich durch eine Querschnittläsion im oberen Theile des Rückenmarkes unterbrochen werde.

2. Man kann annehmen, dass die Läsionen im oberen Theile des Rückenmarkes Störungen irgend welcher Art auch im unteren Theile zur Folge haben, Ernährungsstörungen in den sensiblen Leitungen, in den motorischen Ganglien etc., und dass dadurch der normale Niveaureflex gehindert werde.

3. Man kann annehmen, dass Hemmungsfasern durch die Läsion anhaltend gereizt werden und den normalen Reflex im unteren Theile des Rückenmarkes jahrelang verhindern.

Jedenfalls sehen wir, dass die Selbständigkeit des Rückenmarkes, seine Unabhängigkeit vom Gehirn um so mehr abnimmt, je höher wir in der Wirbelthierreihe hinaufsteigen.

Sherrington[1]) zeigte, dass die menschenähnlichsten Thiere, die Affen, auch in Bezug auf die Abhängigkeit der Rückenmarksfunctionen vom Gehirne dem Menschen am nächsten stehen. Wird beim Affen das Rückenmark im oberen Theile durchschnitten, so kann in den ersten 20 Minuten im unterhalb gelegenen Theile durch keinerlei Reiz ein Reflex ausgelöst werden. Dann treten allmählich einzelne, ganz schwache reflectorische Reactionen auf gewisse Reize hervor. Diese tiefe Herabsetzung der Reflexerregbarkeit dauert mehrere Stunden oder mehrere Tage, und die Reflexe treten überhaupt nicht wieder in ihrer normalen Stärke auf. Hunde und Katzen verhalten sich ganz anders. Die Shocksymptome dauern bei ihnen nur einige Minuten oder Stunden, und dann reagiren sie auf alle Reize mit starken Reflexen.

Zum Schluss muss ich noch einmal auf den Unterschied zurückkommen, den wir bei allen bisherigen Betrachtungen gemacht haben, auf den Unterschied zwischen den Reflexbewegungen und den sogenannten willkürlichen oder spontanen Bewegungen. Dieser Unterschied ist nicht so wesentlich, wie man früher geglaubt hatte. *Auch die willkürliche Bewegung kommt ganz ohne centripetalen*

---

1) Ch. S. Sherrington, Philosophical Transactions of the Royal Soc. CXC. B. p. 136—145. 1898. In dieser werthvollen Arbeit findet sich auch die frühere Litteratur über die Reflexe zusammengestellt.

Reiz nicht zu Stande. Man muss ein Glied fühlen, um es bewegen zu können. Wenn man es nicht fühlen kann — wie es unter pathologischen Bedingungen, nach Verlust des Muskelsinnes z. B. in Zuständen schwerer Hysterie bisweilen der Fall ist —, so muss man es wenigstens sehen können. Schliesst der Patient, dem der Muskelsinn mangelt, die Augen, so kann er kein Glied rühren. Also irgend ein, wenn auch noch so schwacher sensibler Reiz muss zum motorischen Rindencentrum gelangen, sonst kann dasselbe nicht durch den willkürlichen Impuls erregt werden. Wir müssen entweder annehmen, dass der Willensimpuls den sensiblen Reiz verstärkt oder dass er eine Reflexhemmung beseitigt.

Diese Nothwendigkeit des sensiblen Reizes für das Zustandekommen der willkürlichen Bewegung hatte bereits der geniale Charles Bell (1774—1842) klar erkannt. Er berichtet folgenden Fall[1]: „Eine Mutter, welche ihr Kind säugte, wurde von einer Lähmung befallen, wodurch auf der einen Seite Verlust der Kraft und auf der anderen Verlust des Gefühles entstand. Es war ebenso überraschend wie beunruhigend, dass sie ihr Kind, mit dem Arme, welcher die Muskelkraft behalten hatte, an die Brust halten konnte, jedoch nur so lange, als sie auf ihr Kind blickte. Wenn die umgebenden Gegenstände ihre Aufmerksamkeit vom Zustande ihres Armes ablenkten, erschlafften allmählich die Beugemuskeln und das Kind kam in Gefahr zu fallen."

Im Iahre 1848 machte G. B. Duchenne (1806—1875) die Beobachtung, dass ein Kranker seinen anästhetischen Arm nur dann bewegen konnte, wenn er hinsah, und berichtete noch über zwei weitere ganz ähnliche Fälle.[2])

Dieselbe Beobachtung theilte im Jahre 1878 Ad. Strümpell[3]) mit. Er stellte durch genaue Versuche an zwei Hysterischen das vollständige Erlöschen des Muskelsinnes und des Ermüdungsgefühles in einem Gliede fest und constatirte, dass dieses

1) Charles Bell, „The hand, its mechanism and vital endowments, as evincing design". 2 edit. 1834. 5 edit. 1852. Deutsch von Dr. Franz Kottenkamp. Stuttgart. Expedition der Wochenbände. 1847. S. 169. Das englische Original steht mir leider nicht zur Verfügung.

2) G. B. Duchenne, „De l'électrisation localisée et son application à la pathologie et à la thérapeutique". 2. edit. Paris. Baillière et Fils. 1861. Chapitre XIV. „Paralysie de la conscience musculaire". p. 424—437.

3) Ad. Strümpell, Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. 22. S. 332 bis 361. 1878.

nur bei offenen Augen bewegt werden konnte, nicht aber bei geschlossenen. Strümpell fand ferner Gelegenheit, eingehende Beobachtungen an einem Manne anzustellen, bei dem in Folge einer Stichverletzung des Halsmarkes eine totale Anästhesie der Haut und ein Verlust des Muskelsinnes am rechten Arme bis hinauf zur Schultergegend eingetreten war. Dabei war keinerlei Lähmung vorhanden. Die Bewegungen im anästhetischen Arme waren in hohem Grade ataktisch. Gewisse coordinirte Bewegungen, insbesondere der Finger, konnte der Patient nur ausführen, wenn er auf die Hand hinsah, nicht aber bei geschlossenen Augen.[1])

Hochinteressant ist es, dass die Kehlkopfmuskeln nach Verlust des Muskelsinnes den Anstoss zur willkürlichen Contraction durch den Gehörnerven empfangen müssen, wie die übrigen Muskeln durch den Sehnerven. Ein solcher Fall von vollständigem Verluste des Muskelsinnes am ganzen Körper wurde auf Ziemssen's Klinik beobachtet[2]): „Hält man dem Kranken beide Ohren zu, so ist er nicht im Stande, einen Laut hervorzubringen, geschweige denn ein Wort zu sprechen." „Verschliesst man dem Kranken die Augen, so ist es ihm nicht mehr möglich, ein Glied zu rühren oder irgend ein willkürliches Lebenszeichen von sich zu geben." (Vgl. unten Vortr. 18 über den Schlaf.)

1) Ad. Strümpell. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. Bd. 23. S. 1. 1902. Dort finden sich interessante Beobachtungen über die Unterschiede der sensorischen und motorischen Attaxie und über die verschiedene Bedeutung des Muskelsinnes und des Tastsinnes für das Zustandekommen der Bewegungen.

2) Max Heyne, Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. 47. S. 75. 1891.

Fünfzehnter Vortrag.

Die Functionen des Grosshirns.

Die Felder der Hirnrinde, welche man bisher als Centren sensibler und motorischer Bahnen erkannt hat, nehmen beim Menschen nur etwa ein Drittel der gesammten Grosshirnoberfläche ein (Taf. II). Die übrigen zwei Drittel sind nach Flechsig's[1]) Vermuthung der Sitz der eigentlichen geistigen Functionen. Diese Regionen entbehren noch einige Monate nach der Geburt der Markscheiden[2]), „während die Sinnescentren schon vorher — ein jedes für sich völlig unabhängig von den anderen — herangereift sind." Von den verschiedenen Sinnescentren aus schieben sich allmählich Markscheiden in die geistigen Centren vor und laufen dort zusammen. So ist vielleicht die Association, die Verknüpfung der von den verschiedenen Sinnesorganen kommenden Eindrücke zu einheitlichen Vorstellungen, zu erklären. „Die Erkrankung dieser Associationscentren ist es vornehmlich, was geisteskrank macht; sie sind das eigentliche Object des Psychiaters." In diesen Centren lassen sich bei gewissen Geisteskrankheiten mikroskopische Veränderungen nachweisen.

Bei den niederen Säugethieren, bei den Nagern (Hausmaus, Hamster) fehlen diese Centren vollständig. Die Sinnescentren berühren sich. Bei den Raubthieren und niederen Affen sind die Associationscentren noch klein. Bei den höheren, katarhinen Affen erreichen sie die gleiche Ausdehnung wie die Sinnescentren, und erst beim Menschen wachsen sie darüber hinaus (Taf. II, Fig. 1 u. 2).

Gegen diese Lehre Flechsig's trat J. Déjerine[3]) auf,

1) P. Flechsig, „Gehirn u. Seele". Aufl. 2. Leipzig, Veit & Comp. 1896 und „Dritter internationaler Congress für Psychologie in München vom 4. bis 7. August 1896". München, Lehmann. 1897.

2) Ueb. d. Bedeutung der Markscheide vgl. oben S. 212 u. unten Vortrag 22.

3) J. Déjerine, Mémoires de la société de biologie. 1893. p. 193 und Zeitschr. für Hypnotismus 1897. Bd. 5. S. 343.

indem er darauf hinwies, dass das Gehirn des erwachsenen Menschen „in allen Gebieten der Hirnrinde, wahrscheinlich nicht unter Ausschluss der Insel, die Capsula interna durchziehende Projectionsfasern zeigt". Aehnliche Einwände machten O. Vogt, Sachs, v. Monakow, Hitzig und E. Siemerling[1]).

Es scheint mir, dass Flechsig's Lehre durch diese Einwände nicht widerlegt ist. Auch wenn Stabkranzfasern von den Associationscentren zur Capsula interna ziehen, so könnte doch immer noch ein sehr grosser gradueller Unterschied zwischen den Associationscentren und den Sinnescentren bestehen. Die Zahl der Stabkranzfasern, die von den Associationscentren ausgehen, ist vielleicht nur gering. Auch ist ja nicht bewiesen, dass alle Stabkranzfasern der sensiblen oder motorischen Leitung dienen; sie könnten auch die Aufgabe haben, die Hirnrinde mit subcorticalen Centren zu verbinden, in denen sich gleichfalls psychische Functionen abspielen. Dass alle psychischen Functionen ausschliesslich in der Rinde ihren Sitz haben, ist ein Vorurtheil. Wir müssen die Möglichkeit zugeben, dass eine Stabkranzfaser auch eine Associationsfaser sein könne.

Es fragt sich nun: welche Bedeutung haben die verschiedenen Associationscentren? Es ist a priori zu erwarten, dass ihre Function nicht die gleiche sei. Die Frage muss sich durch den Thierversuch und durch pathologische Betrachtungen entscheiden lassen. Zuvor aber wollen wir noch eine andere Frage erledigen, die Frage, ob die beiden Hemisphären des Grosshirnes ganz gleiche Functionen haben oder verschiedene. Was wird geschehen, wenn eine Hemisphäre exstirpirt wird?

Auf dem internationalen Physiologencongresse in Basel, im Jahre 1889, führte uns Goltz einen Hund vor, dem er vor längerer Zeit die ganze **linke** Hemisphäre exstirpirt hatte. Das lebhafte, intelligente Thier benutzte zum Herausscharren von Fleisch aus einem Napf voll Kies mit Vorliebe die linke Pfote. Wurde diese aber nur ganz leicht zurückgehalten, so benutzte es sofort die rechte Pfote. Beim Stehen setzte der Hund gelegent-

---

1) Eine Zusammenstellung aller dieser Einwände findet sich bei O. Vogt, Zeitschr. f. Hypnotismus. Bd. 5. S. 347. 1897 und bei Fritz Rutishauser, Monatsschrift für Psychiatrie und Neurologie. Bd. V. Jahrg. 1899. S. 161. Vgl. E. Siemerling. Zeitsch. f. Psychiatrie. Bd. 55. S. 810. 1898, ferner Flechsig, Neurolog. Centralbl. Jahrg. 16. S. 290. 1897.

lich die rechte Pfote mit dem Zehenrücken auf den Boden. In die rechte Hinterpfote gekniffen, schrie der Hund laut auf. Das Hirn wurde am nächsten Tage demonstrirt: der ganze linke Hirnmantel und wenigstens noch ein Stück des Corpus striatum fehlten.

Eine ausführlichere Mittheilung[1]) über einen Hund, der 15 Monate ohne das **linke** Grosshirn bei völliger Gesundheit gelebt hatte, war von Goltz schon im Jahre 1888 veröffentlicht worden nebst einer photographischen Abbildung des Gehirnes, aus der man ersieht, dass der linke Mantel vollständig fehlt. Von dem Streifenkörper ist nur ein dünner medialer Rest übrig. Auch dieser ist erweicht. Ein grösserer, oberflächlich ebenso erweichter Rest ist vom Sehhügel übrig. Die rechte Hälfte des Grosshirns erscheint nach Farbe und Consistenz als vollständig gesund.

Dieser Hund machte den Eindruck eines „ganz gesunden, wohlerzogenen" Thieres. „Lockt man ihn, so kommt er freundlich mit dem Schwanze wedelnd heran und lässt sich streicheln. Geht man schnell fort, so folgt er laufend oder selbst in Sprüngen. Gelegentlich begrüsst er einen neuen Ankömmling mit freudigem Gebell. Fremde Hunde, die ihm lästig fallen, weist er mit Knurren zurück. Einen Knochen weiss er mit den Pfoten fest zu halten, verwerthet dabei die rechte Vorderpfote aber nicht so zweckmässig wie die linke." Er kann sich sowohl nach rechts wie nach links drehen, bevorzugt aber die Drehung nach links. Im Uebrigen „vermag aber auch der aufmerksame und geübte Beobachter kaum einen Unterschied im Gebrauche der beiderseitigen Gliedmaassen aufzufinden". Die Empfindung zeigt sich auf der ganzen rechten Körperhälfte herabgesetzt. Aber kein Punkt seiner Haut ist ohne Empfindung. Stärkeren Druck oder gar Stechen beantwortet er stets durch Abwehrbewegungen, Schrei, endlich durch Beissen, welche Stelle der rechten Seite man auch angreifen mag. Dass die Tast- und Temperaturempfindung auf der rechten Seite abgestumpft war, zeigte Goltz unter Anderem durch folgenden Versuch. Richtete er den feinen Luftstrom, der aus einer zusammengedrückten Kautschukbirne mit enger Canüle hervorkam, zwischen die Haare einer beliebigen Stelle der

1) Goltz, Pflüg. A. Bd. 42. S. 419. 1888. Schon vor Goltz hatte Gudden bei jungen Kaninchen eine Grosshiruhemisphäre exstirpirt mit Einschluss des Corpus striatum. Er beobachtete keinerlei Störungen. Allgem. Zeitschr. f. Psyachtrie. Bd. 42. S. 484. 1886.

linken Seite, so sah sich der Hund sofort nach links um und suchte sich auch durch Bewegung des ganzen Körpers dem lästigen, überraschenden Reize zu entziehen. Richtete man dagegen den Luftstrom mit der gleichen Stärke gegen einen symmetrischen Punkt der rechten Seite, so beachtete der Hund den Reiz gar nicht. Auch scheute sich der Hund nicht, gelegentlich mit der rechten Pfote im kalten Wasser stehen zu bleiben, während er die linke sofort heraushob.

Die bleibende Sehstörung[1]) des Hundes besteht in einer „Mischung von Hemiamblyopie und Wahrnehmungsschwäche". Nur allmählich hatte der Hund gelernt, Fleischstücke zu erkennen, die sich „in der linken Hälfte seines Sehraumes" befanden (vgl. Fig. 27 S. 148). Dagegen reagirt er nicht auf Handlungen, auf die ein normaler Hund lebhaft reagirt. Das Schwingen einer dicken Keule lässt ihn gleichgültig. Stösst man mit einem spitzen Gegenstande gegen das Auge, ohne dieses zu berühren, so bleiben die Lider völlig unbewegt und ebenso der ganze Kopf — auch wenn sich der Gegenstand auf der rechten Hälfte der Netzhaut abbildet. Berührt man die Wimper oder gar das Auge, so schliesst er sofort das Auge und zieht den Kopf zurück. Dass jedoch der Hund sieht, schliesst Goltz daraus, dass er „beim Laufen alle Hindernisse mit Sicherheit vermeidet und dem vorangehenden Menschen nacheilt". „Die Pupille seines Auges ist stark erweitert. Auf grellen Lichtreiz zieht sie sich kräftig zusammen."

Der Hund hört, kann aber nicht immer vollkommen die Gehörseindrücke verwerthen. Brüllt man ihn an, so stutzt er wohl und hört auf, mit dem Schwanze zu wedeln, macht aber keine Fluchtversuche, während normale Hunde entsetzt davonlaufen. Auf Schmeichelrufe kömmt er heran und wedelt.

Veränderungen des Riech- und Schmecksinnes konnte Goltz nicht erkennen.

Der Hund ist weniger lebhaft und munter als vor der Operation, zeigt keine Neigung mehr, mit den Genossen zu spielen, knurrt sie unwirsch an. Gegen Menschen ist er freundlich geblieben. Ein Fremder, der den Hund vor der Operation nicht gekannt hat, würde finden, dass der Hund nicht weniger intelligent sei, als viele Hunde mit unverletztem Gehirn.

1) Vgl. J. Loeb, Pflüger's Arch. Bd. 34. S. 67. 1884.

Es scheint also, dass von jeder Hemisphäre aus beide Körperhälften sowohl motorisch als auch sensibel innervirt werden, dass aber die Innervation der gekreuzten Seite vollkommener, „bequemer" ist, „geringeren Widerstand zu überwinden hat und deshalb vorgezogen wird." Nach Zerstörung einer Hemisphäre erwirbt die übrig gebliebene allmählich die Fähigkeit, auch die gleiche Seite zu innerviren, wenn auch nicht ganz so vollkommen wie die gekreuzte. *Die Kreuzung sowohl der motorischen wie der sensiblen Leitungsbahnen ist also eine* **theilweise.** Für die Pyramidenbahn und den Opticus ist dieses auch bereits anatomisch nachgewiesen (vgl. oben S. 214 u. 147).

Eine vollständige Kreuzung würde als unzweckmässig erscheinen. Der Zweck einer theilweisen Kreuzung dagegen scheint verständlich. Im Falle einer mechanischen Verletzung nämlich ist es höchst unwahrscheinlich, dass symmetrische Theile auf beiden Seiten des Centralnervensystems betroffen werden. Wird aber nur eine Seite betroffen, so kann es bei den Thieren nie zu einer vollständigen, bleibenden Lähmung oder Anästhesie kommen, weder auf der betroffenen noch auf der gekreuzten Seite. Wäre die Kreuzung eine vollständige, so müsste jede Verletzung des Centralnervensystems Störungen in der gekreuzten Seite des Körpers zur Folge haben.

Von den niederen Wirbelthieren ist angegeben worden, dass bei ihnen eine vollständige Kreuzung gewisser sensibler und motorischer Nerven bestehe. Falls diese Angabe sich bestätigt, dürfte es vorläufig schwer fallen, eine befriedigende teleologische Deutung zu finden.[1])

Im besten Einklange mit den Beobachtungen an den Hunden nach vollständiger Exstirpation der linken Grosshirnhemisphäre steht die folgende Beobachtung, welche Goltz[2]) an einem afrika-

1) S. Ramon y Cajal hat einen Versuch gemacht, die vollständige Kreuzung teleologisch zu erklären. Ich kann seinen Erklärungsversuch nicht acceptiren, muss jedoch seinem Scharfsinn meine volle Bewunderung zollen und zweifle nicht, dass die Fülle seiner orginellen Gedanken befruchtend wirken werde. Ich unterlasse es, die Ansichten eines so hervorragenden Forschers zu kritisiren, und verweise auf die interessante Originalarbeit. Vgl. oben S. 147, Anm. 1.

2) Goltz, Pflüger's Arch. Bd. 76. S. 411. 1899. Dort findet sich auch eine Abbildung des verstümmelten Gehirns.

nischen Affen (Rhesus) angestellt hat, dem er zwar nicht die ganze linke Hemisphäre, wohl aber alle linksseitigen motorischen Centren und vielleicht auch alle linksseitigen Centren für die Hautsinne exstirpirt hatte. Es war durch scharfe Messerschnitte die Rinde des ganzen linken Stirn- und Scheitellappens entfernt worden. Die Wunden heilten ohne jeden Zwischenfall, und es gelang, durch musterhaft sorgfältige Pflege das Thier 11 Jahre am Leben zu erhalten und genau zu beobachten.

Nur unmittelbar nach der Operation und ganz vorübergehend war eine Lähmung der ganzen gekreuzten, also rechten Körperhälfte aufgetreten. Das Bewusstsein war, sobald das Thier aus der zur Operation angewandten Aethernarkose erwachte, nicht getrübt. Goltz konnte keine Einbusse des Gedächtnisses oder der Intelligenz des Thieres während der ganzen 11 jährigen Beobachtung nachweisen. Allmählich hatte der Affe die Fähigkeit wieder erlangt, alle dem Willen unterworfenen Muskeln der rechten Seite zu bewegen. „Die Bewegungen der rechtsseitigen Gliedmaassen blieben aber unvollkommen. Sie erschienen plump und ungeschickt." Insbesondere verrichtete der Affe alle Functionen, die er mit einer Hand ausführen konnte, stets mit der linken, konnte jedoch durch geduldige Dressur dahin gebracht werden, auch die rechte Hand zu gebrauchen und, aufgefordert, die rechte Hand zu reichen.

Sehr beachtenswerth ist jedoch die histiologische Thatsache, die sich bei der Untersuchung der Muskeln nach dem Tode des Affen herausstellte, „dass die Fasern der Muskeln des abgemagerten rechten Armes die Querstreifung eingebüsst hatten. Der Bau der Muskeln des linken Armes zeigte die normale Querstreifung." Dieselbe Beobachtung hatte bereits vor Goltz H. Munk[1]) an den Muskeln von Affen mit verstümmelten Scheitellappen gemacht, und schliesslich hat Goltz auch am Hunde den Verlust der Muskelquerstreifung nach Exstirpation der Stirn- und Scheitellappen nachgewiesen.

Was nun die Sensibilität betrifft, so wurde bei dem Goltzschen Affen nach der beschriebenen Verstümmelung der linken Grosshirnhemisphäre kein Punkt des Körpers völlig unempfindlich, wohl aber war die Hautempfindung und das Muskelgefühl

1) H. Munk, Sitzungsber. d. Ak. d. W. zu Berlin 1894. S. 830.

der rechten Körperhälfte dauernd abgestumpft. An den übrigen Sinnen war keine bleibende Störung erkennbar.

Beim Menschen führt, wie erwähnt (S. 217 u. 222), die einseitige Zerstörung der motorischen Rindencentren meist zu bleibenden Lähmungen an der gekreuzten Seite. Hochgradige Störungen in den Sinneswahrnehmungen und in den psychischen Functionen scheinen dagegen nach den bisherigen Beobachtungen bei einseitiger, ausgedehnter Zerstörung der Hemisphärenrinde nicht immer nothwendig aufzutreten. Einige derartige Beobachtungen am Menschen hat Longet (1811—1871) mitgetheilt:

Im Krankenhause Bicêtre bei Paris befand sich ein Patient, der nach seiner Aussage von der Geburt an halbseitig und zwar auf der linken Seite gelähmt war. Seine intellectuellen Functionen waren normal und zeigten nichts Auffallendes. Er starb an Phthisis. Die Section ergab, dass die rechte Hemisphäre des Grosshirnes fehlte und durch seröse Flüssigkeit ersetzt war. Das Corpus striatum derselben Seite war erhalten, der Thalamus opticus atrophirt und verhärtet. Die Vierhügel, die Olive und die Pyramide derselben Seite waren gleichfalls atrophirt.[1])

Ein junger Mann von 15 bis 16 Jahren erleidet durch einen Steinwurf einen Bruch des rechten Scheitelbeines. Aus der weiten Wunde prolabirt die Hirnmasse, und man ist genöthigt, sie bis auf das Corpus callosum abzutragen. Die Wunde heilt. Der Patient ist linksseitig gelähmt und leidet an epileptischen Anfällen. Die geistigen Functionen aber stellen sich vollkommen wieder her.[2])

Ein General hatte durch eine Verwundung einen grossen Theil des linken Scheitelbeins und der linken Hemisphäre verloren. Dieser Verlust war äusserlich an einer enormen Depression des Schädels kenntlich. Dieser General hatte sich die frühere Lebhaftigkeit des Geistes und die frühere Sicherheit des Urtheils bewahrt, aber er konnte sich nicht längere Zeit geistigen Arbeiten hingeben, ohne bald eine Ermüdung zu fühlen.[3]) Es liegt nahe, diese Thatsache dahin zu deuten, dass in der Norm die beiden

1) F. A. Longet, Anatomie et Physiologie du système nerveux de l'homme et des animaux vertébrés. T. I. p. 669. Paris 1842.

2) Longet, l. c. p. 673.

3) Longet, l. c. p. 670.

Hemisphären abwechselnd fungiren, und dass im vorliegenden Falle die rasche Ermüdung auf die mangelnde Ablösung zurückzuführen sei. Ebensowohl aber ist es denkbar, dass in der Norm die beiden Hemisphären zusammenwirken, und dass die rasche Ermüdung in dem vorliegenden Falle sich daraus erklärt, dass der einen Hemisphäre die Arbeit aufgebürdet wurde, welche in der Norm beide zusammen bewältigen.

Für diese letztere Auffassung, für einen innigen Zusammenhang und eine gleichzeitige Function der beiden Hemisphären sprechen die Commissuren, welche die beiden Hemisphären verknüpfen, insbesondere die mächtigen Faserzüge, welche in dem Corpus callosum von einer Hemisphäre zur anderen hinüberziehen. Es fragt sich: was wird die Folge einer Durchschneidung des Corpus callosum sein? Dieser Versuch ist im Laboratorium von Goltz[1]) in Strassburg und in dem von Luciani[2]) in Rom mit grosser Sorgfalt ausgeführt worden. Wenn es gelang, die Verletzung andeıer Hirntheile zu verhüten und Blutextravasate zu vermeiden, so liessen sich an Hunden als *Folge einer Durchschneidung des Corpus callosum in seiner ganzen Länge keine deutlichen Veränderungen wahrnehmen, weder in den Bewegungen, noch in den Sinnesempfindungen.* Die operirten Thiere waren lebhaft und munter, und konnten von normalen Hunden nicht unterschieden werden. Die elektrische Reizung des freigelegten Corpus callosum löste keine Bewegungen aus.

Es scheint also nach Allem, was wir bisher wissen, dass die beiden Hemisphären des Grosshirnes keine wesentlich verschiedenen Functionen haben.[3]) Dagegen wissen wir sicher, dass die verschiedenen Lappen derselben Hemisphäre verschiedene Functionen haben. Dass dieses in Bezug auf die motorischen und die Sinnescentren der Fall ist, haben wir ja bereits gesehen. Es fragt sich nur noch, ob auch die übrigen Rindenfelder, ob die Associationscentren der verschiedenen Theile der Hemisphäre verschiedene Functionen haben. Nach den Versuchen von Goltz muss diese

1) A. v. Koranyi, Pflüger's Arch. Bd. 47. S. 35. 1890.

2) D. lo Monaco, Archives italiennes de biologie. T. 27. p. 296. 1897. Dort ist die Methode der Operation genau beschrieben und auch die frühere Litteratur citirt.

3) Eine Verschiedenheit in Bezug auf das Sprachcentrum wird im folgenden Vortrage behandelt.

Frage bejaht werden. Goltz[1]) konnte bei Hunden je nach der Abtragung **beider** Stirnlappen oder **beider** Hinterhauptslappen ganz verschiedene Aenderungen nicht blos in der Bewegung und Sinneswahrnehmung, sondern auch in der Intelligenz und im Charakter deutlich erkennen.

Was zunächst die **Bewegungen** betrifft, so tritt keine Lähmung irgend eines Muskels auf, weder bei den Hunden ohne Stirnlappen, noch bei denen ohne Hinterhauptlappen. Aber bei den Hunden ohne Stirnlappen werden alle Bewegungen etwas plump und ungeschickt: sie scheuen sich nicht, von einer Höhe herabzuspringen, aber der Sprung fällt ungeschickt aus; sie sind nicht im Stande, einen Knochen mit den Vorderpfoten gehörig festzuhalten, um ihn zu benagen; beim Fressen werfen sie die Speisereste umher, patschen mit den Pfoten in den Futternapf, beissen nicht selten in den Rand der Schale. Waren sie vor der Operation abgerichtet, die Pfote zu geben, so ist diese Kunstfertigkeit nach der Operation definitiv verloren. Bei einem normalen Hunde gelingt es niemals, die heraushängende Zunge zu fassen — er zieht sie immer früher zurück; — wohl aber gelingt dieses bei einem der Stirnlappen beraubten.

Bei den Hunden ohne Hinterhauptlappen dagegen erfolgen alle Bewegungen annähernd mit demselben Geschick wie bei normalen Hunden; sie zeigen keine bemerkenswerthen Störungen beim Fressen, verstehen es, Knochen mit den Vorderpfoten festzuhalten; sie scheuen sich, von einer auch nur geringen Höhe herabzuspringen. Sie lernen es bisweilen wieder, die Pfote zu reichen.

Dieser Unterschied kann uns nach dem, was wir bereits kennen gelernt, nicht wundern. Denn die motorische Sphäre reicht in das Stirnhirn hinein, nicht aber in den Hinterhauptlappen.

Was nun die **Sinneswahrnehmungen** betrifft, so ist der Unterschied sehr gross:

Die Abtragung der Stirnlappen führt nicht zu auffallenden, dauernden Störungen des Gesichtes, Gehörs, Geruchs und Geschmacks. Ebensowenig ist irgend ein Punkt des Körpers der Empfindung beraubt. Setzt man einem Hunde ohne Stirnlappen

1) Goltz, Pflüger's Arch. Bd. 34. S. 450. 1884. Vgl. auch Bd. 42. S. 439—466. 1888.

eine Schüssel mit Fleisch in einiger Entfernung hin, so geht er gerade darauf los und macht sich sofort daran, den Inhalt zu verzehren. Er begrüsst mit freudigem Gebell einen eintretenden Menschen. Also er sieht und erkennt die Dinge und Menschen.

Ganz anders verhält sich ein Hund ohne Hinterhauptlappen. Zwar scheint auch er noch durch alle Sinnesorgane Eindrücke zu empfangen. Aber er weiss sie nicht zu verwerthen. Sein Verhalten den Lichteindrücken gegenüber habe ich bereits besprochen (S. 195 u. 196). Ganz ähnlich verhält er sich zu Gehörseindrücken: ruft man ihn an, so stutzt er. Mitunter wedelt er auch bei liebkosenden Zurufen mit dem Schwanze. Aber, wenn man ihn anschreit, so flieht er nicht, wie jeder normale Hund. Ebensowenig äussert er Furcht, wenn andere Hunde ihn anknurren. Er scheint, bisweilen, wenn man ihn anruft, die Absicht zu haben, dem Rufe zu folgen; niemals aber gelingt es ihm, in gerader Linie den Rufenden zu erreichen. Er findet sich nicht zurecht, sondern wandelt in ganz falscher Richtung planlos herum. Es liegt dieses nicht daran, dass er schlecht sieht. Denn ein blinder Hund mit unversehrtem Hirn verhält sich ganz anders. Er geht in der Regel langsam und vorsichtig, weiss sich aber vortrefflich mit Hülfe der übrigen Sinne zurecht zu finden. Ruft man ihn an, so kommt er in gerader Linie auf den Rufenden zu. Klappert man mit dem Futternapf, so läuft er auf diesen zu und findet ihn sofort. Nimmt man ihm den Napf weg, während er frisst, so folgt er schnüffelnd der Bewegung des Napfes und erreicht ihn fast augenblicklich, sowie man ihn niedersetzt. Der Hund ohne Hinterhauptlappen dagegen erkennt den Futternapf nur, wenn er unmittelbar mit der Nase daran vorbeistreift. Dann hemmt er seinen Schritt und frisst die Schale leer. Passirt er aben den Napf in einer Entfernung von nur einem Schritt, so riecht er wohl das Fleisch, wie aus seiner Kopfbewegung hervorgeht, aber er vermag die Witterung nicht zu verwerthen, sondern irrt planlos umher.

Der blinde Hund mit normalem Hirn verschmäht Hundefleisch; der Hund ohne Hinterhauptlappen verzehrt es anstandslos. Der blinde Hund bemerkt sofort das Anblasen einer Pfote, der Hund ohne Hinterhauptlappen nicht.

Setzt man einen Hund ohne Hinterhauptlappen in eine Umzäunung von nur 27 cm Höhe, so weiss er nicht herauszukommen,

während der blinde sofort über die Umzäunung hinwegsetzt, sowie er sich über die Höhe orientirt hat.

Was nun die **Intelligenz** betrifft, so ist sie sowohl bei den der Stirnlappen, als auch bei den der Hinterhauptlappen beraubten Hunden herabgesetzt, bei ersteren aber lange nicht in so auffallendem Maasse, wie bei letzteren. Zwar haben auch die stirnhirnlosen Hunde einen stieren dummen Ausdruck der Augen und vermögen den Beschauer nicht zu fixiren, aber sie wissen doch auf grosse Entfernung die verschiedenen Personen und Dinge richtig zu erkennen. Einige dieser Hunde sind sogar noch recht wachsam und schlagen an, wenn sie entferntes Geräusch hören. An befreundeten Personen richten sie sich, auf den Hinterbeinen stehend, empor, um sich streicheln zu lassen und wedeln mit dem Schwanz. Andere Hunde beriechen sie noch und verrathen Geschlechtstrieb. Der der Hinterhauptlappen beraubte Hund ist viel stumpfer und apathischer.

Sehr auffallend sind die Unterschiede im **Charakter.**

Die Hunde ohne Stirnlappen sind in hohem Grade reizbar. Bei einigen so operirten Thieren trat sogar eine auffallende Ueberempfindlichkeit der Haut hervor. Diese tritt auch nach Entfernung blos eines Stirnlappens auf, und zwar merkwürdiger Weise auf derselben, nicht auf der gekreuzten Seite: Streichelte man einen solchen, des linken Stirnlappens beraubten Hund auf der rechten Seite, so wedelte er freundlich mit dem Schwanze. Sowie man aber die linke Seite berührte, sah er sich zähnefletschend um und machte Miene, in die Hand zu beissen. Nachdem diese Ueberempfindlichkeit zwei Monate gedauert hatte, wurde auch der rechte Stirnlappen entfernt. Jetzt war die Ueberempfindlichkeit überall vorhanden. Da diese Hyperästhesie nicht bei allen stirnlappenlosen Hunden auftrat, so bleibt es unentschieden, mit der Verletzung welcher Hirntheile sie zusammenhängt. Dagegen sah man an allen stirnlappenlosen Hunden eine auffallend erhöhte Reflexerregbarkeit und Unfähigkeit, Reflexe zu hemmen. Beim Streicheln der Haut an bestimmten Stellen traten regelmässig ganz bestimmte Bewegungen ein, z. B. beim Kratzen des Felles an der Schwanzwurzel rhythmisches Herausstrecken der Zunge. Kraut man die Haare in der Nackengegend, so erfolgt eine wellenförmig von vorn nach hinten ablaufende Schüttelbewegung, wie wenn das Thier aus dem Wasser gekommen wäre. Mit dieser

erhöhten Reflexerregbarkeit hängt offenbar die grosse Reizbarkeit zusammen. ***Harmlose, gutmüthige Hunde werden nach Abtragung der Stirnlappen äusserst bösartig und wüthend***, und zwar zeigt sich die Bösartigkeit nicht blos, wenn sie sich ihrer Haut wehren müssen (Hyperästhesie) — sie sind agressiv: sie stürzen sich aus der Ferne auf freundlich dahergehende Hunde und selbst auf Hündinnen, die ihnen nie Uebles gethan haben. Diese auffallende Aenderung der Gemüthsart wurde in 22 Fällen beobachtet. Nur in 2 Fällen erfuhr die gutmüthige Natur des Hundes keine Aenderung; es trat nur eine grosse Aufgeregtheit und Unruhe hervor. Mit dieser Charakteränderung hängt es offenbar zusammen, dass die Thiere meistens die Neigung hatten, mager zu werden.

Das genaue Gegentheil ist die Gemüthsart der Hunde ohne Hinterhauptlappen. Sie zeigen keine erhöhte Reflexerregbarkeit, sind frei von jeder Aufgeregtheit; ihre Haltung ist bedächtig und gelassen; sie werden regelmässig fett. ***War der Hund vor der Operation böse, gewaltthätig, rauflustig, so wird er regelmässig dauernd gutmüthig und harmlos***, sowie ihm die Hinterhauptlappen genommen sind. Es ist das nicht blosse Theilnahmlosigkeit; sie können „positiv zutraulich" werden, auch wenn sie vor der Operation auf jede Annäherung mit Wuthanfällen antworteten; sie erwidern Liebkosungen mit Schwanzwedeln und zutraulichem Anschmiegen des Kopfes. Das ist in 12 Fällen beobachtet worden. Erst nachträglich[1]) hat Goltz einen Ausnahmefall mitgetheilt.

Goltz erklärt, er „werde sich hüten, den Spuren Gall's zu folgen". Gall[2]) hatte nämlich vermuthet, dass die Gutmüthigkeit des Charakters mit einer starken Entwicklung des oberen Stirnlappens, die Streitlust mit einer starken Entwicklung gewisser Theile des Hinterhauptlappens im Zusammenhang stehe. Sollte das Zufall sein? Oder sollte Gall vielleicht auch in dieser Frage auf dem richtigen Wege gewesen sein, wie thatsächlich beim Forschen nach dem Sprachcentrum? Ich komme auf Gall's Localisationslehre noch eingehend zurück (vgl. den folgenden Vortrag).

1) Goltz, Pflüger's Archiv. Bd. 42. S. 464. 1888.

2) F. J. Gall, Anatomie et Physiologie du système nerveux. Vol. III, Paris 1818. p. 192 et Vol. IV. 1819. p. 218.

Aehnliche Unterschiede, wie die an Hunden ohne Stirnlappen und ohne Hinterhauptlappen, sollen auch an Menschen bei pathologischen Veränderungen in den vorderen und in den hinteren Theilen der Grosshirnhemisphären beobachtet worden sein, und Goltz stellt darauf bezügliche Angaben verschiedener Psychiater zusammen.[1]) Es scheinen jedoch die Veränderungen beim Menschen keine constanten zu sein, offenbar deshalb, weil nicht immer die gleichen Theile der fraglichen Lappen in gleichem Maasse von der Erkrankung betroffen sind. So hat z. B. Leonore Welt in ihrer Züricher Doctordissertation[2]) mehrere Fälle von Verletzungen des Stirnhirnes zusammengestellt, die ein verschiedenes Bild ergaben.

Flechsig[3]) vergleicht in seiner Schrift „Gehirn und Seele" gleichfalls die psychischen Veränderungen nach Verletzung verschiedener Theile der Grosshirnhemisphären. Aber er vergleicht nicht den ganzen Stirnlappen mit dem ganzen Hinterhauptlappen, sondern nur das „vordere Associationscentrum", welches blos einen Theil der Rindensubstanz des Stirnlappens ausmacht, mit dem „hinteren grossen Associationscentrum", welches sich auch auf den Scheitellappen erstreckt und hinabreicht auf den Schläfenlappen (Taf. II, Fig. 1 u. 2). Er muss daher zu anderen Resultaten kommen. Flechsig findet, dass Erkrankungen des vorderen Associationscentrum das ethische und ästhetische Urtheil trüben, das Urtheil über den Werth der eigenen Person und über ihr Verhältniss zur Aussenwelt. Daher bald Ueberschätzung — Grössenwahn — bald Unterschätzung des eigenen Werthes — Mangel an Anstands- und Ehrgefühl, Unfähigkeit, den Affecten und Leidenschaften zu widerstehen. Im Uebrigen aber braucht das logische Denken noch nicht gestört zu sein; es besteht keine eigentliche Verworrenheit.

Bei Erkrankung des hinteren grossen Associationscentrums dagegen beobachtet Flechsig als Hauptsymptom die Zusammenhangslosigkeit der Vorstellungen. Die gewohnheitsmässigen Associationen sind aufgelöst. Daher Verworrenheit ganz unabhängig

1) Goltz, Plüger's Archiv. Bd. 34. S. 479, 480, 498. 1884.

2) Leonore Welt, „Ueb. Charakterveränderungen der Menschen in Folge von Läsionen des Stirnhirnes". Leipzig 1888.

3) Flechsig, „Gehirn u. Seele". Leipzig. Veit & Comp. 1896. S. 89—91.

von Affecten. Manche solcher Patienten zeigen noch keine Unklarheit über die eigene Person, begehen keine Unbesonnenheit, zeigen keine tiefere Perversität des Fühlens und Wollens, können noch zärtliche Gefühle für ihre Angehörigen haben, aber sie verwechseln Personen und Dinge, sie sind räumlich und zeitlich desorientirt.

Man stösst bei der Verwerthung der Sectionsbefunde am Menschen zur Beurtheilung der Localisation von Gehirnfunctionen auf sehr grosse Schwierigkeiten. Ein Erkrankungsherd — Abscess, Blutextravasat, embolische Erweichung, Tumor — an ein und derselben Stelle des Gehirnes kann sehr verschiedene Störungen zur Folge haben. Die Entfernungen, bis auf welche der Erkrankungsherd wirkt, lassen sich nicht bemessen. Das erkrankte Gewebe kann auf unmittelbar benachbarte und auf sehr weit entfernte Hirntheile wirken 1. durch Aenderung der Druckverhältnisse, 2. durch Hemmung oder Aenderung der Circulation in den Blutgefässen, in den Lymphräumen, 3. durch Abgabe von schädlichen Stoffwechsel- oder Zersetzungsproducten, von Infectionskeimen aller Art an die Umgebung, 4. durch Reizung oder Hemmung der leitenden Nervenelemente.

Wie schwierig es ist, aus dem Sitze eines Erkrankungsherdes auf den Sitz der Function zu schliessen, welche in Folge der Erkrankung gestört wurde, lehren in sehr eclatanter Weise die folgenden in Goltz' Laboratorium ausgeführten Versuche.

Goltz' Schüler Malinowsky[1]) suchte künstlich Abscesse im Gehirne von Hunden hervorzubringen, indem er ihnen durch feine Bohrlöcher Reinculturen von Staphylococcus pyogenes aureus oder albus, Streptococcus pyogenes oder „sterilisirte Producte aus diesen Culturen" in die verschiedenen Hirntheile injicirte. Er beobachtete meist nur geringe Störungen, blos in einigen Fällen Abscessbildungen. Eine genaue Localisirung aber glückte nie. „Nach einer Injection in den Vordertheil des linken Stirnlappens entstand rechterseits eine Parese, welche sich am Vorderbein stärker als am Hinterbein zeigte. Innerhalb 11 Tage ging diese Parese in eine vollständige rechtsseitige Paralyse über. Gleichzeitig kam es zur Abnahme der Reflexerregbarkeit von der ganzen rechten Körperhälfte aus, mit Ausnahme der eigentlichen

1) v. Malinowsky, Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1891. S. 162.

Sehnenreflexe. Am 13. Tage nach der Injection wird die gesammte motorische Zone der linken Seite mit den Stirnlappen exstirpirt. In dem entfernten Gehirnstück befand sich am oben angegebenen Orte der Injection ein Abscess von der Grösse einer kleinen Haselnuss. Schon am folgenden Tage konnte der Hund wieder gehen und es blieb schliesslich nur eine ganz geringe Unbeholfenheit im Gebrauche der rechten Extremitäten zurück. Auch die Reflexerregbarkeit steigerte sich wieder fast bis zur Norm."

„Die durch den Abscess hervorgerufenen Symptome müssen also auf andere als auf die benachbarten später exstirpirten Gehirntheile bezogen werden."

Wegen dieser Schwierigkeiten und wegen der Unmöglichkeit, am Menschen zu experimentiren, bleibt zur Erforschung der Localisationen am Menschen meist nichts Anderes übrig, als **statistisch** die Sectionsbefunde zu verwerthen. Diesen Weg hat Exner[1]) eingeschlagen. Er hat aus der pathologischen Litteratur bis zum Jahre 1880 167 Fälle zusammengestellt, in denen bei Lebzeiten die Symptome genau festgestellt und nach dem Tode die Veränderungen im Gehirn bestimmt worden waren. Bei der Ordnung des Materials verfuhr er folgendermaassen:

Er liess Gypsabgüsse des Gehirnes anfertigen und bezeichnete auf der Grosshirnoberfläche durch Schraffirung alle die Theile, welche bei den Sectionen Veränderungen gezeigt hatten in den Fällen, wo eine fragliche Störung nicht eingetreten war. Dadurch wurde für die fragliche Störung eine Karte der Hirnoberfläche erhalten, auf welcher gewisse Felder ausgespart, weiss geblieben waren. In der Gegend dieser Felder muss der Ort der gestörten Function gesucht werden. Diese Methode bezeichnet Exner als die „Methode der negativen Fälle".

Eine zweite Methode bestand darin, die Grosshirnoberfläche in 367 Felder zu theilen und zu bestimmen, wie oft bei pathologischer Veränderung eines Feldes gewisse Functionsstörungen beobachtet wurden. Die Zahl der Fälle, wo die fraglichen Functionsstörungen beobachtet worden waren, dividirt durch die Zahl aller Fälle, wo pathologische Veränderungen des betreffenden Feldes nachgewiesen waren, procentisch ausgedrückt giebt den

1) Sigmund Exner, „Unt. üb. die Localisation der Functionen in der Grosshirnrinde des Menschen". Wien, Braumüller. 1881.

Grad der Wahrscheinlichkeit dafür an, dass die Veränderung des betreffenden Rindenfeldes mit der fraglichen Functionsstörung zusammenhängt. Diese Methode bezeichnet Exner als die „Methode der procentischen Berechnung".

Eine dritte Methode bestand darin, auf der Grosshirnoberfläche durch Schraffirung — für jeden Fall in einer anderen Richtung — alle Läsionen zu verzeichnen, die bei einer fraglichen Functionsstörung gefunden wurden. Wo die Schraffirungen am dichtesten sich kreuzen, kann man das fragliche Rindenfeld vermuthen. Diese Methode bezeichnet Exner als die „Methode der positiven Fälle".

Diese und ähnliche statistische Methoden sind seitdem noch vielfach angewandt worden. Im Allgemeinen haben sie dahin geführt, die Ergebnisse der Thierversuche über die motorischen und sensiblen Centren der Hirnrinde auch für den Menschen zu bestätigen. Es ist aber zu hoffen, dass diese Methoden uns auch der Lösung der Fragen nach der Localisation der psychischen Functionen näher bringen werden. Leider geht noch immer das werthvollste Material für die pathologisch-anatomische Untersuchung des Gehirnes unbenutzt verloren!

Sechzehnter Vortrag.

Franz Joseph Gall und das Sprachcentrum.

Bei unseren bisherigen Betrachtungen über die Localisation der Functionen in der Grosshirnrinde haben wir noch ganz unberücksichtigt gelassen — das Sprachvermögen. Und doch hat gerade von der Forschung nach dem Sitz unseres Sprachvermögens die ganze moderne Localisationslehre ihren Ausgang genommen. Gerade an die Erforschung des Sitzes unseres Sprachvermögens hat man mit Recht die kühnsten Erwartungen geknüpft und gehofft, die Brücke zu finden von der Physiologie zur Psychologie und den Schlüssel zur gesammten Psychiatrie. Die Anfänge dieser Bestrebungen, den Sitz des Sprachvermögens im Hirne des Menschen zu erforschen, gehen zurück bis auf Franz Joseph Gall[1]) (1758—1828). In Gall's vierbändigem Hauptwerke „Anatomie et Physiologie du système nerveux" findet sich im 4. Bande, S. 68—126 zuerst die Angabe, dass

1) Die wichtigsten Werke F. J. Gall's sind: 1. seine im Verein mit seinem Schüler G. Spurzheim veröffentlichte Schrift „Recherches sur le système nerveux en général et sur celui du cerveau en particulier, mémoire prétenté à l'Institut de France le 14 mars 1808, suivi d'observations sur le rapport qui en a été fait à cette compagnie par ses commissaires, avec planches". Paris 1809. Dasselbe auch deutsch. Paris und Strassburg. 1809. 2. Gall's **Hauptwerk** „Anatomie et Physiologie du système nerveux etc." 4 Bände mit einem 100 Tafeln enthaltenden Atlas. 1810—1818. Den ersten Band und die erste Hälfte des zweiten gab Gall mit Spurzheim zusammen heraus, der 1814 nach England ging; den übrigen Theil des Werkes gab Gall allein heraus. Vom ersten Bande erschien zugleich eine deutsche Uebersetzung. Paris 1810. Später veröffentlichte Gall eine verkürzte, wohlfeile Ausgabe seines Hauptwerkes für weitere Kreise in sechs kleinen Bändchen unter dem Titel „Sur les fonctions du cerveau et sur celles de chacune de ses parties". Paris 1822—26. Der sechste Band enthält Erwiderungen auf die seiner Lehre gemachten Einwände.

der Sitz des Sprachvermögens die unterste Windung des Stirnlappens sei, welche unmittelbar auf der oberen Wölbung der Orbita ruht.

Gall's Schüler, nachmaliges Mitglied der Pariser Akademie, Jean Baptist Bouillaud (1796—1881), fand diese Angaben durch weitere Beobachtungen bestätigt und suchte sie durch klinische Erfahrungen und Sectionsbefunde zu begründen. Bouillaud[1]) beschrieb im Jahre 1825 genau die Symptome der Sprachstörung, die heutzutage als **Aphasie** bezeichnet wird, in einer ganzen Reihe von Fällen und hatte fünfmal Gelegenheit, in solchen Fällen die Section zu machen. Stets fand er einen Erkrankungsherd im Stirnlappen, das eine Mal genau an der von Gall angegebenen Stelle, in dem Theile des Stirnlappens, der unmittelbar auf der oberen Wölbung der Augenhöhle ruht. „Le lobe antérieur du cerveau, à la partie, qui correspond à la voûte orbitaire, était réduit en une matière purulente, putrilagineuse."[2]) Bouillaud fand ferner vielfache Bestätigungen seiner Befunde in den Sectionsprotocollen anderer Aerzte und legte im Jahre 1848 der Academie eine Zusammenstellung von nicht weniger als 700 Sectionsbefunden vor, die alle seine Annahmen bestätigen.[3]) Zugleich setzte Bouillaud einen Preis von 500 Franken aus, für den, der ihm eine tiefgehende Verletzung der Stirnlappen ohne Sprachstörung (un exemple de lésion profonde des lobules antérieurs du cerveau sans lésions de la parole) vorlegen könnte. Noch im Jahre 1865 constatirte Bouillaud mit Befriedigung vor der Academie, dass noch Niemand diesen Preis sich geholt habe.[4])

Einen Fortschritt in der Localisation des Sprachcentrums bewirkte dann der Arzt Dr. Marc Dax in Sommièrs, indem er im Jahre 1836 dem Congrès méridional in Montpellier eine Arbeit vorlegte, in der zum ersten Male die Angabe sich findet, dass es

1) J. Bouillaud, „Recherches cliniques propres à démontrer que la perte de la parole corresponde à la lésion des lobules antérieurs du cerveau et à confirmer l'opinion de M. Gall sur le siège de l'organe du langage articulé. Archives générales de médecine. T. 8. p. 25. 1825.

2) Bouillaud, l. c. p. 31.

3) Bouillaud, Bulletin de l'Académie de médecine, 22 février 1848. T. 13. p. 699.

4) Bouillaud, ibid. 11 Avril 1865. T. 30. p. 623.

die **linke** Hemisphäre sei, deren Erkrankung zur Aphasie führe.[1])

Dieselbe Ansicht vertrat darauf im Jahre 1863 der Sohn des Dr. Marc Dax, Dr. Gustave Dax vor der Pariser Academie.[2])

Eine weitere Bestätigung fand diese Entdeckung durch den Pariser Pathologen und Chirurgen Paul Broca[3]) (1824—1880), der durch seine anthropologischen und ethnographischen Forschungen auch in weiteren Kreisen sich einen Namen gemacht hat. Nach ihm wird der hintere Abschnitt der dritten (untersten Stirnwindung, die sogenannte Pars opercularis auch die Broca'sche Windung genannt (Fig. 60).

Fragen wir uns nun: was hatte Gall zur Entdeckung des Sprachcentrum geführt? Gall erzählt darüber Folgendes[4]): Als 9jähriger Knabe wurde er von seinen Eltern zu seinem Onkel geschickt, der Pfarrer im Schwarzwalde war. Dieser unterrichtete ihn zusammen mit einem anderen gleichaltrigen Knaben. Dem jungen Gall wurden häufig Vorwürfe gemacht, weil er seine Aufgaben nicht so gut lernte wie sein Mitschüler, obgleich man von ihm mehr erwartet hatte. Von seinem Onkel kam Gall mit seinem Kameraden in die Schule nach Baden bei Rastatt, wo er

1) Die Mittheilung des Dr. Marc Dax wurde erst im Jahre 1865 in der Gazette hebdomadaire de Méd. et de Chir. Série II. T. II. p. 259 gedruckt, ferner im Jahre 1877 im „Montpellier médical". T. 38. p. 233. Eine Besprechung dieser Arbeit findet sich bei Bouillaud im Bulletin de l'Acad. imp. de Méd. T. 30. p. 631. 1865.

2) In den Comptes rendus findet sich die Angabe, dass in der Sitzung der Académie des Sciences vom 23. März 1863 ein Mémoire von Dax verlesen wurde, betitelt: „Observations tendant à prouver la coïncidence constante des dérangements de la parole avec une lésion de l'hémisphère gauche du cerveau". Dieses Mémoire wurde erst im Jahre 1877 im „Montpellier médical". T. 38. p. 230 vollständig abgedruckt. Ein kürzeres Referat war bereits im Jahre 1865 in der Gazette hebdomadaire de méd. et de chir. Série II. T. II. p. 260 erschienen. Vgl. die Besprechung dieses Mémoire bei Bouillaud im Bulletin de l'Acad. imp. de Méd. T. 30. p. 575 et 632. Avril 1865.

3) Broca, Bulletins de la Société anatomique de Paris. Année 38. Série 2. T. 8. p. 379. Juillet 1863. In dieser Mittheilung Broca's werden die Namen Gall's und seines Schülers Bouillaud gar nicht genannt. Vgl. die Besprechung der Broca'schen Verdienste um die Erforschung des Sprachcentrum bei Bouillaud, Bulletin de l'Acad. imp. de méd. T. 30. p. 633—636. 1865.

4) F. J. Gall, Anatomie et Physiol. du système nerveux etc. Vol. IV. Paris 1819. p. 68 ff.

mit 30 Mitschülern unterrichtet wurde. Unter diesen fanden sich noch mehrere, die ebenso wie sein erster Kamerad ihn in der Fähigkeit des leichten und raschen Auswendiglernens übertrafen, obgleich sie ihm in anderen Gaben nicht überlegen waren. Gall beobachtete nun, dass alle diese Knaben auffallend grosse hervortretende Augen hatten — de très-grands yeux à fleur de tête. — Zwei Jahre darauf kam Gall in die Schule nach Strassburg. Dort beobachtete er dasselbe und fand, dass unter den leicht auswendig Lernenden mit grossen, hervortretenden Augen sich einige befanden, die in jeder anderen Hinsicht sehr mässig begabt waren.

Gall sagte sich: wenn sich die Fähigkeit des leichten Auswendiglernens durch ein äusseres Kennzeichen offenbart, warum sollten nicht auch alle übrigen psychischen Fähigkeiten ihr äusserlich sichtbares Merkmal haben? Das gab den Anstoss zu allen späteren Forschungen Gall's.

Gall sagte sich, dass, wenn das Wortgedächtniss eine isolirte Fähigkeit sei, auch ein besonderer Theil des Gehirnes stärker entwickelt sein müsste. Wenn nun bei der stärkeren Entwickelung dieses Theiles das Auge nach vorn gedrängt werde, so könne es nur der Theil des Stirnlappens sein, welcher unmittelbar auf der oberen Wölbung der Orbita ruht, also die unterste Stirnwindung.

Dass die Augen auch hervortreten können in Folge pathologischer Veränderungen der Organe innerhalb der Augenhöhle, weiss Gall sehr wohl, sagt aber, dass der Arzt im Stande sein müsse, diese Fälle zu unterscheiden von denen, wo durch eine angeborene Senkung der oberen Wölbung der Orbita das Auge hervortritt.

Gall lernt darauf eine ganze Reihe von Fällen ausgesprochener Aphasie kennen; er schildert genau alle Symptome der Aphasie und macht darauf aufmerksam, dass dieser Defect auftreten könne, ohne dass die übrigen psychischen Functionen gestört seien. Gall beschreibt *mehrere Fälle, wo die Aphasie nach einer Verletzung durch einen Stich in die Stirn unmittelbar über dem Auge auftrat.*

Gall verglich schliesslich die Entwicklung der untersten Stirnwindung beim Menschen mit der bei den Thieren; er fand einen auffallenden Unterschied zu Gunsten des Menschen. Bei den Thieren aber, welche die Fähigkeit, sich durch Laute und Bewegungen verständlich zu machen, in höherem Grade besitzen als

die übrigen Thiere, fand Gall auch die betreffende Stirnwindung stärker entwickelt.[1])

Aus allen diesen Beobachtungen zieht Gall den Schluss, dass das Wortgedächtniss und das Sprachvermögen überhaupt in der untersten Stirnlappenwindung ihren Sitz haben.

Nach diesen Entdeckungen war es dem Schüler Gall's Bouillaud und allen späteren Forschern doch nahe gelegt, in den Fällen, wo ein mit Aphasie Behafteter zur Section gelangte, nachzusehen, ob in der untersten Stirnwindung pathologische Veränderungen nachweisbar seien.

Das Hauptverdienst bei der Entdeckung des Sprachcentrum gebührt also Gall *und nicht* Bouillaud oder Dax *oder gar* Broca.

Man ersieht hieraus, wie ungerecht die landläufige Meinung ist, Gall habe ganz willkürlich dogmatisirend 27 Theile der Hirnoberfläche als Sitz von 27 verschiedenen psychischen Functionen angenommen und habe zufällig beim Sprechorgan auch einmal das Richtige getroffen. Grundverkehrt ist auch die Meinung, Gall habe sich auf die Betrachtung der Schädeloberfläche beschränkt, und die Unterschiede in der verschieden starken Vorwölbung einzelner Theile der Schädeloberfläche könnten auch auf einer verschiedenen Dicke der Schädelwandung beruhen. Diesen Einwand hatte sich Gall natürlich selbst gemacht; er hat unzählige Messungen der Schädeldicke an allen Theilen des Schädels ausgeführt und festgestellt, dass in den meisten Fällen — mit wenigen Ausnahmen — die individuellen Unterschiede in der Schädeldicke immer nur Millimeter betragen, während die individuellen Unterschiede in der Entwicklung einzelner Theile der Hirnrinde oft Centimeter betragen, dass letztere also sehr wohl an der verschiedenen Form der Schädeloberfläche kenntlich sein können.

Gall war ein ausgezeichneter Hirnanatom. Er hat zuerst klar erkannt, dass die weisse Hirnsubstanz durchgehend aus Lei-

1) In neuerer Zeit hat Rüdinger gezeigt, dass die dritte Stirnwindung selbst bei den Anthropoïden nur schwach entwickelt ist. „Ein Beitrag zur Anatomie des Sprachcentrums". Stuttgart, Cotta. 1882. In diesem Werke zeigt Rüdinger an einer Reihe von Abbildungen, wie das Sprachcentrum bei niederen Menschenrassen schwächer entwickelt ist als bei höheren, bei Frauen schwächer als bei Männern, bei hervorragenden Rednern besonders stark an der linken Seite. Leider ist die Zahl der von R. untersuchten Gehirne noch zu klein, um diese allgemeinen Schlüsse zu rechtfertigen.

tungsfasern zusammengesetzt ist. Er verfolgte die Faserleitungen bis zur grauen Substanz und zeigte, dass alle Nerven von der grauen Substanz ihren Ursprung nehmen. Gall zeigte, dass die Hirnrinde aus grauer Substanz bestehe und dass die verschiedenen Theile der Hirnoberfläche verschiedene Functionen haben. Damit wurde Gall der Begründer der modernen Localisationslehre. Thatsächlich hat man erst seit Gall aufgehört, nach einem punktuellen Seelensitz zu suchen. Gall kannte genau den Ursprung des Sehnerven vom vorderen Vierhügelpaare und vom Corpus geniculatum laterale; er wusste auch, dass die Sehnervenkreuzung eine theilweise sei: er hatte gesehen, dass nach Erblindung eines Auges der Degenerationsprocess des Sehnerven sich auch auf einen Theil des anderen Sehnerven fortpflanzt. Gall kannte den Ursprung der Pyramidenfasern aus den Grosshirnhemisphären und bildet genau ihre Kreuzung ab; er hat auch zuerst auf die Nervenkreuzungen hingewiesen, um die Thatsache zu erklären, dass nach Hirnverletzungen die Lähmung auf der entgegengesetzten Seite auftritt.

„Bedenkt man den Zustand der Wissenschaft zu seiner Zeit, die Beschränktheit der Mittel eines Privatmannes und die Kürze des menschlichen Lebens, so steht man staunend vor Gall's Leistungen still. Sollte sich auch ein grosser Theil seiner Angaben als irrig erweisen, so würde doch noch so viel übrig bleiben, dass damit eine ganze Reihe von Gelehrten sich „Unsterblichkeit“ erwerben könnte.“[1])

Die Annahme der 27 Organe war bei Gall nicht ein willkürliches Dogma, sondern es waren nur 27 Fragestellungen, auf welche Gall allmählich durch geduldige vergleichende hirnphysiologische Forschungen und pathologische Beobachtungen eine Antwort zu finden hoffte. Die Namen, welche Gall den 27 Organen giebt, werden auch nicht mehr so kindlich naiv und willkürlich erscheinen, wenn man bedenkt, dass Gall stets ausgegangen war von der Thatsache, dass gewisse Fähigkeiten und Eigenschaften des Geistes und des Charakters in besonders auffallend verschiedenem Grade bei verschiedenen Individuen entwickelt sind, und nun die verschiedene Entwicklung der Gehirne und der Kopfform dieser Personen verglich.

1) P. J. Möbius, „Ueber Franz Joseph Gall“. Schmidt's Jahrbücher der gesammten Medicin. Bd. 262. S. 260. 1899.

Dass Gall in seinem Enthusiasmus meist viel zu weit gegangen ist und bereits geglaubt hat, auf seine Fragestellungen die richtige Antwort gefunden zu haben, ist gewiss zuzugeben. Originalität der Fragestellung und technisches Geschick — die Gall Niemand bestreiten kann — sind leider nicht immer gepaart mit strenger Selbstkritik und Skepsis. Auch ein Verehrer Gall's wird einräumen müssen, dass Gall oft einen ganz unglaublichen Grad von Kritiklosigkeit an den Tag legt, wo es gilt, seine Lieblingsideen zu stützen. — Nichtsdestoweniger hat Gall auch mit seinen kühnsten Vermuthungen befruchtend gewirkt auf den Fortschritt der gesammten Hirnphysiologie.

Die Lebensschicksale Gall's bleiben für alle Zukunft ein lehrreiches Beispiel dafür, welcher Grad von Gemeinheit erreicht wird, wenn der Neid der Fachgenossen und der Hass der Pfaffen sich zusammenthun, einen genialen, bahnbrechenden Forscher klein und verächtlich erscheinen zu lassen. Die Verfolgungen begannen bereits in Wien, wo Gall's Vorlesungen durch ein eigenes Handschreiben des Kaisers Franz vom 24. Dec. 1801 als religionsgefährlich verboten wurden. Auch in Paris musste sich Gall gegen den Vorwurf des Materialismus vertheidigen und hatte den Physiologen Flourens zum Gegner, der bis an sein Lebensende lehrte, die verschiedenen Theile der Grosshirnrinde hätten gleiche Functionen. Die Feinde Gall's brachten es fertig, dass Gall's Schriften nicht gelesen wurden, und dass bis auf den heutigen Tag mit der Nennung des Namens Gall ein mitleidiges Lächeln sich associirt wie bei der Erwähnung eines entlarvten Charlatans und Betrügers. Erst in den letzten Jahren beginnt eine gerechte Beurtheilung des grossen Forschers und edlen Charakters sich Bahn zu brechen.[1])

Nach dieser Ehrenrettung Gall's kehren wir nun zu unserem Gegenstande zurück, zum Sprachcentrum und zu den Erscheinungen der Aphasie, die nach Verletzung dieses Centrum auftreten.

Was verstehen wir unter **Aphasie?** Nicht jedes Unvermögen zu sprechen wird so bezeichnet. Wenn ein Mensch auf eine Frage eine zutreffende Antwort giebt, so müssen folgende Functionen sich vollzogen haben:

1) Vgl. Bernhard Hollander, The mental functions of the brain, Chapter IX and X. London, Grant Richards. 1901.

1. müssen die Worte des Fragenden gehört worden sein,

2. müssen die gehörten Laute mit Begriffen associirt worden sein,

3. müssen diese Begriffe zu anderen, früher gebildeten, in der Erinnerung aufgespeicherten, in Beziehung gesetzt worden sein,

4. muss auf die so reproducirten Gedanken des Fragenden eine Antwort zurecht gelegt worden sein,

5. muss diese Antwort in Worte gekleidet worden sein,

6. muss der Anstoss gegeben worden sein zur Erregung derjenigen Hypoglossus-, Facialis-, Laryngeusfasern, welche die beim Sprechen thätigen Muskeln innerviren,

7. müssen diese Nerven und die zugehörigen Muskeln fungiren.

Die Störung jeder dieser Functionen wird das Zustandekommen der Antwort verhindern. Aber nicht jede dieser Störungen werden wir als Aphasie bezeichnen. So z. B. nicht die Störung der Function 1. Einen solchen Menschen werden wir nicht aphatisch nennen, obgleich er nicht antworten kann; wir nennen ihn taubstumm. Ebensowenig werden wir die Störung der Function 7 als Aphasie bezeichnen, sondern als Lähmung der betreffenden Nerven und Muskeln.

Schliesslich werden wir in gewissen Fällen auch die Störungen der Functionen 2—6 nicht als Aphasie bezeichnen, nämlich dann, wenn sie als Theilerscheinung einer allgemeinen Geistesstörung, z. B. eines vollständigen Blödsinnes, auftreten.

Nur dann reden wir von Aphasie, wenn Störungen der Functionen 2—6 ohne auffallende sonstige Störungen der geistigen Functionen auftreten.

Ist die Function 5 gestört, so nennt man den Zustand „amnestische Aphasie". Der Patient findet nicht die Worte. Die Fähigkeit, Worte nachzusprechen, ist vollkommen erhalten. Die Amnesie ist manchmal nur eine theilweise. So kommt es z. B. vor, dass nur die Eigennamen vergessen sind, oder nur die Worte einer Sprache, während sich der Patient in einer anderen Sprache noch leidlich gut ausdrücken kann.

Ist die Function 6 gestört, so nennt man den Zustand „ataktische Aphasie". Die Kranken kennen das Wort, können es aber nicht aussprechen, auch nicht nachsprechen, obgleich die Muskeln und Nerven der Sprachwerkzeuge nicht gelähmt sind. Der Grad dieses Zustandes kann sehr verschieden sein — voll-

ständige Aphasie oder nur Unfähigkeit, gewisse Buchstaben oder gewisse Zusammenstellungen von Buchstaben auszusprechen, Verwechseln der Wörter (Paraphasie) oder Beschränkung auf ein oder wenige Worte (Monophasie).

Ist die Function 2 gestört, so nennt man den Zustand „sensorische Aphasie" (Wernicke) oder Worttaubheit (Kussmaul). Die Kranken hören Alles, aber verstehen es nicht mehr. Die Muttersprache klingt ihnen wie dem Gesunden eine fremde Sprache.

Es ist einleuchtend, dass alle diese grundverschiedenen Störungen nicht alle in dem gleichen Hirntheile, ja nicht einmal in nahe bei einander gelegenen Hirntheilen ihren Sitz zu haben brauchen. Man hat sich vielfach bemüht, verschiedene Localisationen für die verschiedenen Formen der Sprachstörungen in der dritten Hirnwindung und in den angrenzenden Hirntheilen, in der Tiefe der Fossa Sylvii, in der Insel, der Vormauer, in der ersten (obersten) Schläfenwindung etc. ausfindig zu machen, ohne dass bisher eine Einigung erzielt werden konnte.[1])

Die Erkrankung der Pars opercularis soll nach neueren Untersuchungen die Ursache von ataktischer Aphasie sein. Dagegen wird vermuthet, dass die Ursache der sensorischen — vielleicht auch der amnestischen — Aphasie eine Erkrankung der linken ersten (obersten) Schläfenwindung sei (Fig. 60).

Wir müssen uns nun die Frage vorlegen, warum die Aphasie nach Verletzung des linken Stirnhirnes auftritt. Diese Frage fällt zusammen mit der Frage, warum wir vorherrschend die rechte Hand benutzen. Die Aphasie ist in der That häufig mit rechtsseitiger Hemiplegie gepaart. Unsere Sprachwerkzeuge werden also in der Regel von der linken Hemisphäre aus innervirt. Ebenso aber, wie es Personen giebt, die vorherrschend die linke Hand gebrauchen, also das motorische Centrum der rechten Seite bevorzugen, giebt es auch Personen, deren Sprachcentrum auf der rechten Seite gelegen ist.

William Ogle[2]) hat nahezu 100 Fälle von Lähmung mit

---

1) Eine Zusammenstellung der Litteratur findet sich bei Herm. Aubert, Z. f. Psychologie u. Physiol. der Sinne. Bd. I. S. 52. 1890.

2) William Ogle, Medico-chirurgical Transactions. Vol. 54. p. 292. 1871.

Sprachstörungen beobachtet. In allen Fällen bis auf drei waren die Patienten Rechtshänder und die Lähmung war auf der rechten Seite. In drei Fällen waren die Patienten Linkshänder und in allen diesen drei Fällen war die linke Seite gelähmt. Ogle erwähnt ferner noch einen von Dr. Jackson[1]) beobachteten Fall von Aphasie mit linksseitiger Hemiplegie. Auch in diesem Falle war der Patient ein Linkshänder.

Die Bevorzugung der linken Hand ist eine angeborene, erbliche

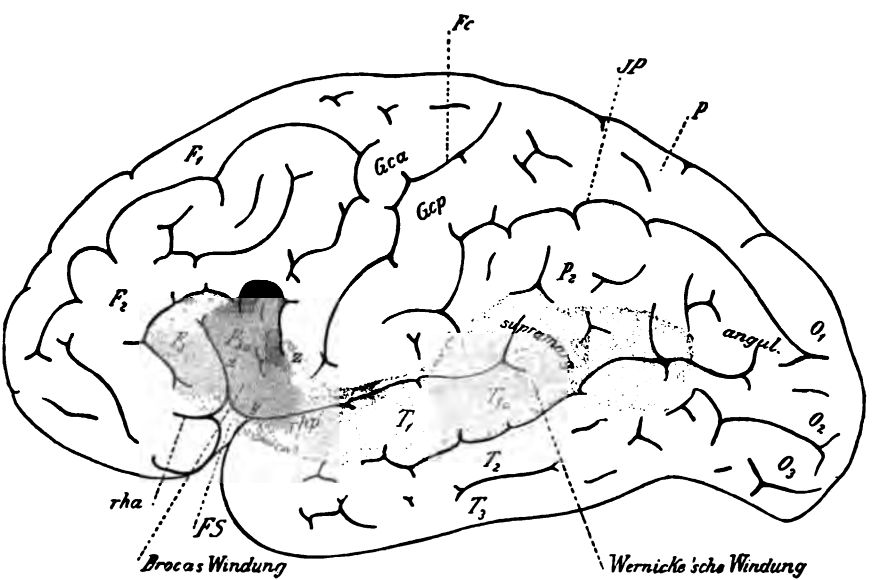


Fig. 60. Nach v. Monakow.

Disposition.[2]) Diese Disposition kann durch Uebung überwunden werden. Es ist schon mancher Linkshänder zum Rechtshänder

1) J. H. Jackson, „Lancet". 1868. Vol. I. p. 457.

2) Als sehr interessante Abhandlungen über die Linkshändigkeit und ihre Ursachen empfehle ich W. Ogle, l. c. und Fr. Lueddeckens, „Rechts- und Linkshändigkeit". Leipzig, Engelmann. 1900. Dort wird auch die Frage erörtert, ob die Linkshändigkeit auf einer anatomischen Abweichung von der Norm beruhe. Gegen diese Annahme hat A. Rothschild geltend gemacht, dass die Linkshändigkeit durch eine einmalige Suggestion sich beseitigen lasse. Ein 4 jähriges Kind wird durch eine einmalige Hypnose von der Linkshändigkeit befreit. Beobachtung der Heilung 2 1/2 Jahre. Jahrb. f. Psychiatrie und Neurologie. Bd. 16. S. 332. 1897.

erzogen worden. Das scheint auch in Bezug auf das Sprachcentrum nicht unmöglich zu sein. Einen interessanten Fall berichtet Dr. Alb. Schwarz[1]), Arzt in Dürkheim in der Pf. Ein 3jähriges Mädchen wird in der Reconvalescenz nach Masern plötzlich von Sprachlosigkeit und theilweiser Lähmung des rechten Armes befallen. Das Kind war vor der Krankheit intellectuell gut entwickelt, sprach viel und ziemlich rein articulirt und relativ schwierige Worte. Als nach der Krankheit der Zustand sich besserte — die Lähmung des Armes allmählich schwand — musste das Kind ganz von Neuem sprechen lernen, zuerst unarticulirte Laute, wie ein ganz kleines Kind sprechen lernt. Schwarz vermuthet daher, das Kind habe angefangen, die Sprachorgane von der rechten Hemisphäre aus zu innerviren. Das Kind gebrauchte beide Arme gleich oft und gleich gut.

Kinder pflegen überhaupt die nach acuten Infectionskrankheiten bisweilen auftretende Aphasie rascher zu überwinden als Erwachsene.[2]) Man sucht dieses gewöhnlich daraus zu erklären, dass das in der Entwicklung begriffene Kinderhirn leichter die Störungen ausgleiche, als das Hirn des Erwachsenen, welches bereits eine starre, definitive Form angenommen habe. Es wäre aber auch denkbar, dass das Kinderhirn leichter das Sprachcentrum von der verletzten auf die gesunde Hemisphäre verlege, weil ursprünglich beide Hemisphären gleich fungiren.

Einen merkwürdigen Fall berichtet Bramwell.[3]) Ein Mann, der in allen übrigen Gewohnheiten Linkshänder war, aber mit der rechten Hand schrieb, wurde von einer rechtsseitigen Lähmung mit Aphasie betroffen. Das Sprachcentrum sass also bei ihm auf der linken Seite. Bei der Innervation der Armmuskeln wurde für gewöhnlich die rechte Hemisphäre bevorzugt. Nur beim Schreiben hatte sich die Innervation der Armmuskeln dem Sprachcentrum accommodirt. Man kann die Thatsachen aber auch anders deuten: Ursprünglich befanden sich das Sprachcentrum und das für die Innervation der Armmuskeln bevorzugte motorische Centrum beide in der rechten Hemisphäre. Nun

1) Alb. Schwarz, Deutsches Arch. f. klin. Med. Bd. 20. S. 615. 1877.

2) Ed. Henoch, „Vorlesungen über Kinderkrankheit“. Aufl. 8. Berlin, Hirschwald. 1895. S. 247 und 771. Albrecht Clarus, Jahrb. f. Kinderheilk. Bd. 7. S. 369. 1874.

3) B. Bramwell. Lancet. 3 June. 1899.

gewöhnte sich der Patient gewaltsam unter dem Zwang der Schule das Schreiben mit der rechten Hand an, innervirte also beim Schreiben von der linken Seite her, und damit verlegte er auch das Sprachcentrum nach links, in Folge der beständigen gleichzeitigen Thätigkeit der Armmuskeln und der mit der Wortbildung und dem Wortverständniss betrauten Hirncentren.[1])

Die Ausbildung der Rechtshändigkeit scheint auch in der phylogenetischen Entwicklung mit der Ausbildung des Sprachvermögens zusammenzuhängen. Die Thiere, die nicht sprechen können, auch die menschenähnlichsten, sind vollkommen symmetrisch gebaut; sie bevorzugen keines der paarigen Glieder bei irgend welchen Functionen. Das Gewicht beider Arme bei Affen wurde vollkommen gleich gefunden. Erst beim Menschen tritt die ungleiche Entwicklung der Arme auf. Diese phylogenetische Entwicklung wiederholt sich in der Ontogenie: Die beiden Arme beim Kinde sind zur Zeit der Geburt gleich entwickelt. Erst im 8. Monat nach der Geburt beginnt das Kind den rechten Arm zu bevorzugen, also zur selben Zeit, wo es die ersten Worte aussprechen lernt.[2])

Nachdem wir einmal erkannt haben, dass Gall in Bezug auf die Localisation des Sprachvermögens das Richtige getroffen hatte, liegt es nahe, nun weiter zu forschen, ob unter seinen 26 übrigen Localisationen sich nicht auch noch eine richtige finde. Den Anfang dazu hat P. J. Möbius[3]) gemacht, indem er untersuchte, ob die Localisation der mathematischen Begabung nach Gall richtig sei. Gall verlegte das Organ, welches die Bedingung für die mathematische Begabung bildet, in den äusseren vorderen Theil der dritten Hirnwindung, weil er fand, dass bei

1) Diese etwas gewagte Hypothese stellt Ernst Weber auf. Centralbl. f. Physiologie. Bd. 18. S. 341. 1904. Dort finden sich noch weitere Argumente für diese Auffassung nebst zahlreichen Quellenangaben in interessanter Weise zusammengestellt.

2) Ernst Weber, Centralbl. f. Physiologie. Bd. 18. S. 425. 1904. Dort ist die sehr umfangreiche Quellenlitteratur über diese Angaben zusammengestellt.

3) P. J. Möbius, „Ueb. d. mathematische Talent". Vortrag vor der Versammlung mitteldeutscher Neurologen und Psychiater am 22. Okt. 1899. Wiener klinische Rundschau. Jahrgang 14. S. 8. 1900. Eine ausführlichere Mittheilung erschien unter dem Titel: „Ueb. d. Anlage zur Mathematik". Mit 1 Bildnissen. Leipzig, Barth. 1900.

Mathematikern der obere äussere Augenhöhlenwinkel ungewöhnlich stark entwickelt ist. Möbius sah sich daraufhin die Bilder von 300 namhaften Mathematikern an und fand durchweg die Angabe Gall's bestätigt. Welcher Theil des vorderen äusseren Randes der dritten Stirnwindung durch seine stärkere Entwicklung dieser starken Entwicklung des äusseren Augenhöhlenwinkels entspricht, vermag Möbius nicht zu entscheiden, da keine genügend genauen Untersuchungen der Gehirne von Mathematikern vorliegen. Es sind bisher überhaupt nur 7 Gehirne von namhaften Mathematikern untersucht worden. Stets wurde eine auffallend starke Entwicklung der Stirnwindungen gefunden. Auf Gall's Angabe hat Niemand geachtet. Möbius weist noch darauf hin, dass nach Flechsig der vordere Theil der dritten Stirnwindung von allen Feldern der Rinde am spätesten reif wird. Dieses stimmt zu der späten Entwicklung der Fähigkeit zu rechnen beim Kinde. Möbius hat ferner Gall's Angaben über das Organ der Kinderliebe[1]) einer Prüfung unterzogen und mehrfach bestätigt gefunden.

Auf Gall's Angabe über das Organ der Gutmüthigkeit und der Streitlust habe ich bereits aufmerksam gemacht (S. 239). Auf seine Vermuthungen über die Functionen des Kleinhirnes werde ich in dem nächsten Vortrag eingehen.

1) P. J. Möbius, „Geschlecht und Kinderliebe". Mit 35 Schädelabbildungen. Halle, Marhold. 1904.

Siebzehnter Vortrag.

Das Kleinhirn.

Wir müssen a priori erwarten, dass ein Hirntheil, der einen so bedeutenden Theil des Gesammthirnes ausmacht, wie das Kleinhirn, und durch so mächtige Faserzüge, die Crura cerebelli ad corpora quadrigemina, ad pontem et ad medullam oblongatam (siehe die Querschnitte auf Fig. 61) zu allen übrigen Theilen des Gehirnes in Beziehung tritt, eine wichtige Function habe, und dass nach seiner Entfernung deutliche Störungen erkennbar sein würden. Diese aber konnten bei den neuesten und sorgfältigsten Versuchen nicht nachgewiesen werden.

Frühere Autoren waren zu dem Schlusse gelangt, dass Verletzungen des Kleinhirnes zu Störungen im Gleichgewichte und in den Bewegungen oder zu Zwangsbewegungen der Thiere (Manegebewegung, Rollbewegung, Uhrzeigerbewegung) führten. Neuere Forschungen aber, insbesondere die ausgezeichneten Untersuchungen Luciani's[1]) haben gezeigt, dass diese Zwangsbewegungen nur dann eintreten, wenn die Verletzung des Kleinhirnes einseitig, unsymmetrisch ist. Werden genau symmetrische Theile verletzt, oder wird das ganze Kleinhirn vollständig exstirpirt, so bleiben diese Zwangsbewegungen aus, und es zeigen sich überhaupt keine Störungen des Gleichgewichtes und der Bewegung. Die genannten Zwangsbewegungen sind auch vielfach beobachtet worden nach einseitiger Verletzung der Medulla oblongata, der Pedunculi cerebri, der Sehhügel, der Streifenhügel, der motorischen Rindensphäre. In Anbetracht der bilateralen Anordnung des Wirbelthierleibes kann es nicht auffallen, dass Störungen der Innervation auf der einen Seite geradlinige Bewegungen in krummlinige umwandeln.

1) Luigi Luciani, „Il Cervelletto". Firenze 1891.

L u c i a n i ist es nach 8 jähriger, rastloser Uebung in der Ausführung der schwierigen Operation und der Pflege der Thiere gelungen, Hunde und Affen nach vollständiger Exstirpation des Kleinhirnes ein bis zwei Jahre am Leben zu erhalten. Ich führe ein paar Versuche ausführlich an:

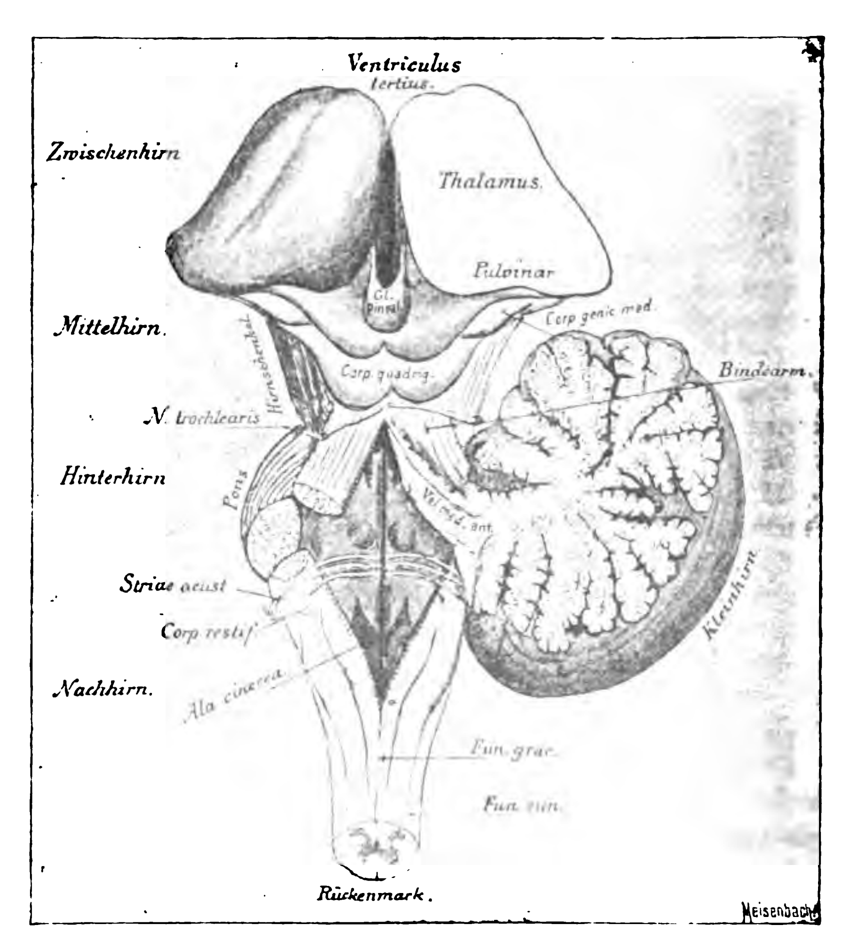


Fig. 61. Nach E d i n g e r.

Eine H ü n d i n lebte nach fast vollständiger Exstirpation des Kleinhirnes[1]) 1 J a h r u n d 9 M o n a t e. Sie zeigte am Schlusse

1) Siehe die Abbildungen des verstümmelten Gehirns l. c. S. 134.

dieser Zeit keine auffallenden Störungen der Coordination und des Gleichgewichtes, nur etwas unbeholfenere Bewegungenen bei der Locomotion und beim Aufschnappen eines zugeworfenen Bissens, ferner Strabismus und einen leichten Nystagmus. Dass die Bewegungen der Glieder und des ganzen Körpers normal waren, zeigte sich deutlich, wenn man den Hund in's Wasser warf. Sofort fand er das Gleichgewicht und schwamm wie ein normaler Hund. Beim Herauskommen führte er die bekannte Schüttelbewegung vom Kopfe bis zur Schwanzspitze aus wie ein normaler Hund. Intelligenz und alle Sinne schienen vollkommen erhalten. Die auffallendste Störung war eine allgemeine Muskelschwäche.

Ein männlicher Affe, Macacus cynomolgus, lebte nach fast vollständiger Exstirpation des Kleinhirnes[1]) 1 Jahr und 7 Monate. Auch dieser zeigte keine auffallenden Coordinationsstörungen — abgesehen von einem leichten Strabismus convergens —, wohl aber allgemeine Muskelschwäche, namentlich der hinteren Extremitäten und etwas schwerfälligere und ängstlichere Bewegungen als ein normaler Affe. — Eine auffallende Veränderung war folgende: subcutane Apomorphininjectionen, wiederholt angewandt, waren stets ohne Erfolg, während sie bei normalen Affen prompt Erbrechen bewirken.

Die beiden Versuchsthiere gingen nicht an den Folgen der Kleinhirnexstirpation zu Grunde, sondern daran, dass sie zu weiteren Experimenten benutzt wurden.

Nach Luciani hat André Thomas[2]) bei 7 Hunden und einer Katze das Kleinhirn total exstirpirt. Thomas beobachtete constant Störungen des Gleichgewichtes. Aber er konnte seine Versuchsthiere nur kurze Zeit beobachten. Zwei seiner Hunde tödtete er am 74. und am 87. Tage nach der Operation. Die übrigen verendeten am 58., 44., 6., 5. und 4. Tage. Die Katze starb nach 5 Tagen. Nach den bereits dargelegten Grundsätzen (S. 172) müssen wir den Versuchen das meiste Vertrauen

1) Die Abbildung des verstümmelten Gehirns siehe l. c. S. 140.

2) André Thomas, „Le cervelet". Paris, Steinheil. 1897. Vgl. auch A. Borgherini et G. Gallerani, Archives italiennes de biologie. T. 17. p. 64. 1892; E. D. Fischer, Researches of the Loomis Labor. New-York. II. p. 102—111. 1892 und Ferrier and Turner, Proceed. Roy. Soc. Vol. 54. p. 476. 1893.

schenken, bei denen die wenigsten Ausfallerscheinungen auftreten und bei denen die Versuchsthiere die längste Zeit am Leben erhalten und beobachtet werden. Wir schliessen deshalb mit Luciani, *dass das Kleinhirn mit der Coordination der Bewegungen und der Erhaltung des Gleichgewichtes nichts zu schaffen hat.*

Strabismus und Nystagmus sind nach den Beobachtungen von André Thomas keine constanten Erscheinungen bei kleinhirnlosen Thieren. Die Nähe der Augenmuskelcentren vom Kleinhirn erklärt es, dass sie leicht durch die Folgen der Exstirpation in Mitleidenschaft gezogen werden.

Seit Gall ist häufig die Vermuthung ausgesprochen worden, das Kleinhirn habe mit dem Geschlechtsleben etwas zu schaffen. Neben vielen ganz unhaltbaren Argumenten stützt Gall seine Vermuthung auf die folgenden Gründe[1]), welche beachtenswerth wären, wenn Gall sie mit genauen und zuverlässigen Zahlenreihen belegt hätte.

1. Beim Neugeborenen ist das Kleinhirn im Verhältniss zum Gesammthirn schwach entwickelt; das Verhältniss ist wie 1 zu 9 bis 20. Beim Erwachsenen dagegen ist das Verhältniss = 1 : 5 bis 7. Das Kleinhirn wächst am stärksten zur Zeit der Pubertätsentwicklung, im Alter von 18 bis 20 Jahren.

2. Die individuellen Verschiedenheiten in der Entwicklung des Kleinhirns sind gross. Der Grad der Entwicklung ist äusserlich beim lebenden Menschen kenntlich an dem Abstande der beiden Processus mastoïdei von einander. Dem weiteren Abstande der Processus mastoïdei entspricht eine stärkere Entwicklung der Nackenmuskulatur. Nach Gall's sehr umfassenden Beobachtungen sollen Personen mit breitem, muskulösem Nacken einen besonders starken Geschlechtstrieb haben. Gall führt Beispiele an von Männern, die eine Abneigung gegen das andere Geschlecht an den Tag legten und ein schwach entwickeltes Kleinhirn gehabt haben sollen.

3. Das Kleinhirn ist beim Manne im Durchschnitt stärker entwickelt als beim Weibe.[2]) Diesen Unterschied findet Gall

1) F. J. Gall, „Anatomie et Psysiologie du système nerveux etc". Vol. III. p. 85—138. Paris. 1818.

2) Diese Angabe hat Th. L. W. Bischoff bestätigt: „Das Hirngewicht des Menschen". Bonn, Neusser. 1880. Bischoff fand das mittlere Gewicht des Kleinhirns beim Manne = 176 Grm., beim Weibe = 156 Grm. Wenn man aber das relative Gewicht des Kleinhirns besfimmt, wenn man

in der ganzen Säugethierreihe bestätigt von der Spitzmaus bis zum Elephanten. Gall sucht diesen Unterschied in Zusammenhang zu bringen mit der Thatsache, dass beim Manne der Geschlechtstrieb mehr in's Bewusstsein tritt und mehr aggressiv ist.

4. Werden Menschen oder Thiere vor der Pubertätsentwicklung castrirt, so bleibt das Kleinhirn in seiner Entwicklung zurück.

5. Wird nur ein Hoden exstirpirt, so atrophirt nur die eine Hälfte des Kleinhirnes und zwar an der gekreuzten Seite.[1]) Dieses will Gall nicht nur an Thieren beobachtet haben, sondern in mehreren Fällen bei zufälligen Verletzungen auch am Menschen.

6. Der Mensch, bei dem der Geschlechtstrieb das ganze Jahr über rege ist, hat ein stärker entwickeltes Kleinhirn als die Thiere, bei denen der Geschlechtstrieb nur zur Zeit der Brunst sich regt.

Gegen alle diese Angaben Gall's hat Leuret[2]) mit Recht geltend gemacht, dass Gall und alle „Phrenologen" niemals die Wage benutzt, sondern sich immer mit dem Vergleiche durch den blossen Anblick (la simple inspection) begnügt haben. Leuret mit seinen Schülern Marchant und Lassaigne hat an 10 Hengsten, 12 Stuten und 21 Wallachen das Gewicht des Kleinhirnes und des Gesammthirnes bestimmt. Sie fanden die folgenden Durchschnittswerthe:

	Gesammthirn.	Grosshirn.	Kleinhirn.	Med. oblong.	Grosshirn dividirt durch Kleinhirn.
Hengst	543	433	61	40	7.07
Stute	498	402	61	35	6,59
Wallach	520	419	70	31	5.97

Diese Zahlen widersprechen den Angaben Gall's, dass die männlichen Thiere ein grösseres Kleinhirn haben als die weiblichen, und dass nach der Castration die Entwicklung des Kleinh rns gehemmt werde.

es mit dem Gewichte des ganzen Hirns oder mit dem Körpergewichte vergleicht, so fällt der Unterschied fort. H. Pfister (Arch. f. Kinderheilk. Bd. 37. S. 243. 1903) fand bei Kinderhirnen die männlichen Kleinhirne im Durchschnitt schwerer als die weiblichen.

1) Diese Angabe Gall's hat J. Vimont bestätigt: Traité de Phrénologie humaine et comparée. Vol. 2. p. 233. Paris 1835.

2. Fr. Leuret et P. Gratiolet, Anatomie comparée du système nerveux, accompagnée d'un Atlas de 32 planches. Tome I par Leuret. Paris 1839—1857. p. 423—431.

In neuester Zeit ist gegen die Vermuthung Gall's über den Zusammenhang zwischen dem bewussten Geschlechtsleben und den Functionen des Kleinhirnes hauptsächlich Luciani aufgetreten. Aus seinen Beobachtungen geht hervor, dass sowohl Hunde als Hündinnen nach theilweiser oder vollständiger Exstirpation des Kleinhirnes geschlechtlich erregbar sind, und dass Hündinnen mit verstümmeltem Kleinhirn normale Junge austragen und säugen.[1]) Der eclatanteste Fall war folgender:

Eine Hündin, welcher der mittlere Lappen (Lobo medio) des Kleinhirnes exstirpirt war, wird von einem Hunde begattet, dem das Kleinhirn vollständig exstirpirt war. Die Hündin wird trächtig und bringt drei normale Junge zur Welt.[2])

In einem zweiten Falle wurde eine Hündin, der das Kleinhirn fast vollständig exstirpirt war, von einem normalen Hunde begattet. Sie bringt 2 Junge zur Welt.[3])

Ich halte durch diese Thatsachen die Vermuthung Gall's noch nicht für widerlegt. Wir müssen bedenken, wie innig das Geschlechtsleben bei den höheren Thieren mit allen Seiten des bewussten Seelenlebens zusammenhängt, und welche wichtige Rolle das bewusste Seelenleben bei der individuellen Zuchtwahl spielt. Es ist denkbar, dass das Kleinhirn den Zusammenhang zwischen der Innervation der Geschlechtsorgane und den bewussten Seelenthätigkeiten vermittelt. (Vgl. unten Vortr. 21 über den Sympathicus.) Bei dieser Annahme wäre es möglich, dass nach Wegfall des Kleinhirns dennoch die Geschlechtsorgane innervirt werden und der physische Geschlechtsact zu Stande kommt, aber ohne die normale Betheiligung des bewussten Seelenlebens. Dieser Meinung war auch Gratiolet[4]): er erwähnt einer Angabe, nach der ein Mädchen ohne Kleinhirn der Masturbation ergeben war, und fügt hinzu, es folge daraus nur, dass das Kleinhirn nicht der alleinige Sitz des Geschlechtstriebes sei; es sei aber dennoch sehr wohl möglich, dass die Functionen des Kleinhirnes beim Geschlechtsleben mitspielen. Derselben Meinung ist schliesslich

1) Luciani, l. c. S. 30, 80, 112, 123, 124, 130, 131, 156—158 u. 216.
2) Luciani, l. c. S. 112.
3) Luciani, l. c. S. 130—132.
4) Leuret et Gratiolet, „Anatomie comparée du système nerveux etc." Tome II par M. P. Gratiolet. p. 365 et 366. 1839—1857.

auch Möbius[1]): „Laufen Goltz'ens Hunde ohne Grosshirn herum, warum sollen Luciani's Hunde ohne Kleinhirn sich nicht begatten?"

Fassen wir Alles zusammen, so müssen wir erklären: *Die Lehre* Gall's *von den Beziehungen der Kleinhirnfunctionen zum Geschlechtsleben ist zwar nicht widerlegt; sie ist aber auch sehr schwach begründet.* Sie bleibt eine blosse Vermuthung, eine Fragestellung. Möge sie zu fruchtbringenden Forschungen den Anstoss geben.

Die pathologischen Sektionsbefunde am Menschen lassen die Frage nach der Bedeutung des Kleinhirns gleichfalls offen. In den Fällen, wo Degenerationen, Verletzungen und Entwicklungshemmungen des Kleinhirnes gefunden wurden, war bei Lebzeiten nicht constant eine Störung in der Innervation der Muskeln oder im Geschlechtsleben beobachtet worden. Ich führe zwei auffallende Befunde genauer an:

Romeo Fusari[2]) Professor der Anatomie in Messina hat einen Fall von *fast vollständigem Fehlen des Kleinhirnes beim Menschen* beschrieben. Eine 48jährige Virgo intacta stirbt an einer Pleuritis. Bei der Sektion findet sich an Stelle des Kleinhirns eine mit Flüssigkeit gefüllte Blase. Zu beiden Seiten der Rautengrube befindet sich ein 3 Cm. langer Lobus, offenbar das Rudiment der Kleinhirnhemisphären. Die Medulla oblongata und die Crura cerebelli sind reducirt, ebenso die Brücke, die Oliven sehr schwach entwickelt, ebenso die hinteren Vierhügel. Die Striae acusticae sind nicht erkennbar. Die mikroskopische Untersuchung ergab nichts Abnormes. Nur an der oberflächlichsten, dem Ventriculus quartus zugekehrten Schicht der Lobi, die das Kleinhirn repräsentirten, fand sich eine theilweise Sklerose und Atrophie der nervösen Elemente. Fusari meint, es habe sich nicht um eine nachträgliche Atrophie gehandelt, sondern um eine Entwicklungshemmung.

---

1) P. J. Möbius, „Ueber Franz Joseph Gall". Schmidt's Jahrbücher der gesammten Medicin. Bd. 262. S. 289. 1899. Separatabdruck. S. 30. Bd. 267. S. 81. 1900. „Ueber die Wirkung der Castration". Halle, Marhold. 1903.

2) R. Fusari, Memorie della R. Accad. delle scienze dell' Istit. di Bologna. Série V. T. II. Ausführlich referirt in den Archives italiennes de biologie 1893. T. 18. p. 471.

Diese Jungfrau hatte im Leben keine ausgesprochenen bestimmten Anomalien gezeigt, nur von Kindheit an eine gehemmte psychische Entwickelung, insbesondere Schwierigkeiten beim Erlernen der Sprache. Auch im späteren Leben war ihr Sprachschatz gering. Sie war apathisch. Im Uebrigen war ihr Charakter freundlich und gesellig. Ihre Muskelkraft war eine genügende. Abgesehen von einem Strabismus convergens congenitalis zeigten sich keine Störungen in der Innervation und den Functionen der Muskeln, keine Ataxie. Sie hat niemals an Krämpfen, Zittern oder Schwindel, noch an Zwangsbewegungen gelitten.

A. Otto[1]) beschreibt einen Fall, wo bei einem 39jährigen Mann ein Kleinhirn gefunden wurde, welches im gehärteten Zustande mit der Brücke und der Medulla oblongata zusammen nur 20 Grm. wog. Die histiologischen Elemente des Kleinhirns zeigten nichts Abnormes. Das übrige Hirn und die Meningen waren normal. Dieser Mann hatte eine ungewöhnliche Muskelkraft gehabt. Seine Bewegungen waren sicher und geschickt. In der Sprache zeigte er nichts Abnormes, aber eine sehr geringe Intelligenz, einen sehr starken Geschlechtstrieb, einen Mangel jedes moralischen Sinnes, ein triebartiges, perverses Handeln und einen Hang zum Stehlen.

Eine Zusammenstellung vieler ähnlicher Fälle findet sich bei Thomas.[2]) In keinem dieser Fälle war die Reduction des Kleinhirns so bedeutend wie in dem erwähnten Falle Fusari's. Störungen des Gleichgewichtes und der Bewegungen wurden nicht in allen Fällen beobachtet, in einigen Fällen bedeutende Muskelkraft. Der Geschlechtstrieb war in vielen Fällen deutlich ausgeprägt.

Hoffen wir, dass weitere pathologische Befunde am Kleinhirn den Anstoss geben werden zu einer fruchtbaren Fragestellung nach der Bedeutung dieses noch so völlig räthselhaften Hirntheiles.

---

1) A. Otto, Arch. f. Psychiatrie u. Nervenkr. Bd. IV. S. 730. 1874.

2) André Thomas, „Le cervelet“. Paris, Steinheil 1897. p. 164 bis 231.

Achtzehnter Vortrag.

Der Schlaf.

Wir haben unsere Betrachtungen über die Thätigkeiten des Gehirnes zum Abschluss gebracht und wollen nun den Zustand der Ruhe des Gehirnes, den wir **Schlaf** nennen, ins Auge fassen.

Unsere Kenntnisse über den Schlaf sind sehr dürftig. Um so mehr ist es Pflicht des angehenden Arztes, diese wenigen Kenntnisse zu sammeln und sich anzueignen. Denn Schlaflosigkeit ist eines der häufigsten und qualvollsten Symptome sehr vieler Leiden. Der gewissenhafte Arzt wird es sich nicht so bequem machen, dieses Symptom durch Betäubungsmittel zu bekämpfen; er wird die Ursachen der Schlaflosigkeit zu erforschen und zu beseitigen suchen. Dazu muss er vor Allem das Wesen und die Bedingungen des normalen Schlafes kennen.

Der Schlaf ist für den Menschen wichtiger als die Nahrung. Die Nahrung kann ein Mensch einen Monat und länger entbehren. An Schlaflosigkeit würde er schon nach wenigen Tagen zu Grunde gehen. Dieses müssen wir annehmen nach Analogie dessen, was der Thierversuch lehrt, obgleich am Menschen keine Versuche gemacht worden sind.[1])

1) In der medicinischen Litteratur begegnet man wiederholt der Angabe, es bestehe in China eine Art der Todesstrafe darin, den Verbrecher dadurch umzubringen, dass man ihn nicht einschlafen lässt. Ich habe mit Hülfe der Bibliothek des British Museum versucht, diese Angabe bis auf ihre Quelle zu verfolgen. Ich stiess schliesslich auf das Werk von Dr. Forbes Winslow, „On obscure diseases of the brain etc.“ London. 1860. p. 640. Dort wird erzählt, ein chinesischer Kaufmann, der seine Frau ermordet hatte, sei zum Tode durch Schlaflosigkeit verurtheilt worden und sei am 19. Tage den Qualen dieser Hinrichtung erlegen. Als Quelle wird „The Louisville Semi-Monthly Medical News“, Louisville 1859, angegeben. Diese Zeitschrift habe ich mir trotz vielfacher Bemühungen nicht verschaffen können. Nach mehrfachen Erkundigungen

Auf dem internationalen medicinischen Congresse in Rom im Jahre 1894 theilte Frau Marie de Manasseïne[1]) mit, dass sie Versuche über den Einfluss der Schlaflosigkeit an 10 jungen, 3—4 Monate alten Hunden angestellt habe. Wurden die Thiere 4—5 Tage des Schlafes beraubt, so waren sie rettungslos verloren; auch die sorgfältigste darauf folgende Pflege konnte sie nicht mehr erhalten: 4 von den 10 Hunden waren nach 4—6 Tagen todt; die übrigen 6 versuchte Frau Manasseïne noch zu erhalten, indem sie dieselben nach der 4—5 tägigen Schlaflosigkeit wieder schlafen liess — aber vergebens. Die jüngeren Thiere gingen rascher zu Grunde, als die älteren. Die Temperatur der schlaflosen Thiere sank schon am zweiten Tage um 0,5 bis 0,9 ⁰ C., in den letzten Stunden des Lebens um 4 bis 5,8 ⁰ C. Die Zahl der Blutkörperchen sank von 5 Millionen auf 2 Millionen im Cubikmillimeter, um am letzten Tage, wo die Thiere die Nahrungsaufnahme verweigerten, wieder zu steigern, während die Zahl der weissen abnahm. Bei der Autopsie fand man die Blutgefässe im Gehirn von einer Lage weisser Blutkörperchen umgeben; diese hatten offenbar die perivasculären Lymphräume ausgefüllt; an einzelnen Stellen schienen die Blutgefässe comprimirt. An der ganzen grauen Rinde fanden sich kleine capilläre Hämorrhagien, grössere Hämorrhagien in der Umgebung des Nervus opticus und in den Lobi optici.

Die Thiere gehen also an Schlaflosigkeit weit rascher zu Grunde als an Hunger. Ein hungernder Hund verliert bis zu 50 % seines Körpergewichtes, ehe er stirbt; die schlaflosen hatten nur 5—13 % verloren. Bei hungernden Thieren hat das Hirn nahezu sein normales Gewicht bewahrt — das Hirn ist auf Kosten der übrigen Organe ernährt worden; — beim schlaflosen hat gerade das Hirn am meisten gelitten.

Es war durchaus zweckmässig gewesen, dass Frau von Manasseïne junge Hunde zu ihren Versuchen auswählte. Der peinliche Versuch wurde dadurch abgekürzt. Denn bei den jungen

---

aber, die ich bei Personen, welche lange in China gelebt, und bei namhaften Sinologen und Kennern chinesischer Zustände eingezogen, hat es sich herausgestellt, dass jene Angabe rein erfunden ist. Ich theile dieses mit, damit nicht auch Andere ihre edle Zeit verlieren.

1) Marie de Manasseïne, Arch. italiennes de biologie. T. 21. p. 322. 1894. Vgl. L. Daddi, ebend. T. 30. p. 241. 1898.

Hunden ist das Schlafbedürfniss ein sehr grosses. Ein Mensch verschläft $^1/_3$ seines Lebens, ein Hund $^2/_3$; ein junger Hund aber schläft noch mehr. Deshalb führten diese Versuche so rasch zu einer Entscheidung. Nur dürfen wir nicht von jungen Hunden auf den erwachsenen Menschen schliessen.

Wir wissen also noch nicht genau, wie bald ein Mensch an Schlaflosikeit zu Grunde geht, jedenfalls aber rascher als am Hunger. Die Nothwendigkeit des Schlafes ist ein Erfahrungssatz. A priori ist sie nicht ohne Weiteres einzusehen. Man sagt: das Gehirn bedarf der Ruhe, und diese Ruhe wird nur im Schlafe gefunden. Aber warum bedarf denn das Herz nicht der Ruhe? Wenn dem Hirne ebenso unausgesetzt wie dem Herzen mit dem Blute Sauerstoff und Brennmaterial zugeführt wird — warum sollte das Hirn nicht auch ebenso unausgesetzt arbeiten können?

Eine genauere Ueberlegung zeigt, dass die Annahme, das Herz bedürfe nicht der Ruhe, ein Irrthum ist. Das Herz bedarf in der That der Ruhe: auf den zweiten Herzton folgt eine Pause; die Druckcurve des Herzens zeigt, dass die Senkungen zwischen den Drucksteigerungen länger dauern als die Hebungen. Das Herz ruht also mehr als das halbe Leben, das Hirn nur während eines Drittels. Der wesentliche Unterschied besteht nur darin, dass die Ruhepausen beim Herzen kurz und häufig sind, beim Hirn lang und selten. Beim Hirn wären die vielen Ruhepausen zweckwidrig. Die Ideenassociation darf nicht unterbrochen werden.

Es fragt sich nun weiter: Ist das Schlafbedürfniss allen Thieren gemeinsam? Wonach richtet sich der verschiedene Grad dieses Bedürfnisses? Hängt er mit dem verschiedenen Grade der geistigen Hirnarbeit oder mit anderen Factoren zusammen?

Alle diese wichtigen Fragen müssen vorläufig unbeantwortet bleiben, weil wir noch so gut wie gar keine vergleichenden Beobachtungen über das verschiedene Schlafbedürfniss der verschiedenen Thiere besitzen, insbesondere gar keine zuverlässigen Beobachtungen an niederen Thieren.

Auffallend ist das geringe Schlafbedürfniss der Vögel. Die Vögel haben unter allen Wirbelthieren den intensivsten Stoffwechsel und einen lebhaften Ablauf aller Functionen. Und doch scheinen viele derselben nur wenigen Schlafes zu bedürfen.

Brehm[1]) sagt: „Eine kurze Zeit in der Nacht, einige Minuten dann und wann am Tage scheinen ihnen (den Vögeln) zum Schlafen zu genügen.“ „Ich habe den Kuckuck noch in der zwölften Abendstunde und in der ersten Morgenstunde wieder rufen hören und während des ganzen dazwischen liegenden Tages in Thätigkeit gesehen.“ „Unsere Hühner setzen sich zwar schon vor Sonnenuntergang zur Nachtruhe auf, schlafen jedoch noch nicht und beweisen durch ihren Weckruf am Morgen, dass kaum 3 Stunden erforderlich waren, um sie für die lange Tagesarbeit zu stärken.“

Die Raubvögel scheinen ein grösseres Schlafbedürfniss zu haben. Wenigstens kann man den Edelfalken dadurch vollkommen zähmen und gefügig zur Abrichtung machen, dass man ihn 3 Nächte nicht schlafen lässt: man setzt ihn auf einen schwebenden Reif und schaukelt ihn die ganze Nacht.[2])

Bei den verschiedenen Säugethierarten ist das Schlafbedürfniss jedenfalls auffallend verschieden, und es wäre von hohem Interesse, festzustellen, was alle die Säugethierarten mit einander gemeinsam haben, die ein grosses Schlafbedürfniss zeigen, und was sie von allen denjenigen Säugethieren unterscheidet, die ein geringes Schlafbedürfniss zeigen. Solche Untersuchungen liegen nicht vor. Beobachten wir unsere Haussäugethiere, so gewinnen wir den Eindruck, dass das grösste Schlafbedürfniss der Hund habe. Dieses legt die Vermuthung nahe, die Grösse des Schlafbedürfnisses richte sich nach der intellectuellen Entwicklung. Die grössere Hirnarbeit erfordert auch mehr Ruhe. Man könnte jedoch diese Annahme wiederum bezweifeln, weil der Mensch weniger schläft als der Hund. Demgegenüber müssen wir aber bedenken, dass die Grösse des Schlafbedürfnisses nicht nur nach der Zeit des Schlafes zu bemessen ist, sondern vor Allem auch nach der Tiefe des Schlafes. Wir haben zur Beurtheilung der Tiefe des Schlafes nur ein Mittel — die Stärke der Sinnesreize, die zum Wecken erforderlich sind. Diese sind beim Hunde bekanntlich sehr gering. Der Hund hat einen sehr flachen Schlaf. Lichtenberg sagt: „Der Hund ist das wachsamste Thier, und doch schläft er den ganzen Tag.“ Der Schlaf des Menschen ist, soweit meine Kenntniss reicht, auffallend viel tiefer als der aller anderen Thiere.

---

1) Brehm, „Thierleben“. Bd. 4. Aufl. 3. S. 18. 1891.
2) Brehm, l. c. Bd. 6. S. 211. 1892.

Es scheint, dass diese verschiedene Art des Schlafes wesentlich dazu beigetragen hat, den treuen Freundschaftsbund von Mensch und Hund zu stiften, der älter ist als die Geschichte der Menschheit. Soweit die Spuren des Menschen sich zurückverfolgen lassen, ist der Hund sein steter Begleiter. Es scheint, dass sich der Mensch nur mit Hülfe des Hundes aus dem Naturzustande zur Kultur hat hindurchdringen können. Die hohe Intelligenz gewährte dem Menschen einen gewaltigen Vorsprung im Kampfe um's Dasein, das mit der hohen Intelligenz zusammenhängende Bedürfniss nach tiefem Schlaf dagegen einen schweren Nachtheil, insbesondere den grossen Raubthieren gegenüber. Die treue Freundschaft des wachsamen Hundes überwand diesen Nachtheil. Die Freundschaft erwies sich ferner für beide Theile vortheilhaft auf der Jagd: der Spürsinn des Hundes im Bunde mit der Intelligenz des Menschen überlistete alle anderen Thiere. Es scheint fast, als wenn die Freundschaft von Mensch und Hund eine Erscheinungsform der „Symbiose" ist, welche unbewusst die Natur zu Stande gebracht hat und nicht die bewusste Ueberlegung des Menschen.

Wenn also der Mensch den tiefsten Schlaf hat, und wenn man annimmt, dass dieser mit der intensiven geistigen Arbeit zusammenhängt, so könnte man vermuthen, dass nur das Grosshirn — nach der herrschenden Lehre der alleinige Sitz der Geistesarbeit — die Ruhe des Schlafes erfordert. Dagegen aber sprechen die Beobachtungen an dem Goltz'schen Hunde ohne Grosshirn, der noch den regelmässigen Wechsel von Schlaf und Wachen zeigte. (Vgl. S. 176.) Indessen giebt Goltz an, dass „Ruhe und Schlaf von viel kürzerer Dauer waren als bei normalen Hunden". Jedenfalls scheint es also, das es vorherrschend die Grosshirnhemisphären sind, welche des langen und tiefen Schlafes bedürfen.

In dieser Hinsicht ist die folgende Beobachtung von M. de Manasseïne[1]) interessant und beachtenswerth, aus der hervorgeht, dass die linke Hemisphäre, mit der wir vorherrschend thätig sind (vgl. S. 252), auch in tieferen Schlaf versinkt als die rechte. Kitzelt man einen Schlafenden während der zweiten oder dritten Stunde des Schlafens mit einer Feder am Gesicht, so macht er

1) M. de Manasseïne, l. c.

stets mit dem linken Arm Abwehrbewegungen, auch wenn er auf der linken Seite liegt. Dieses hat M. de Manasseïne an 50 Personen jeden Alters und Geschlechtes constatirt — an Kindern von 3 Jahren bis zu Männern und Frauen von 65 Jahren — und keine andere Ausnahme beobachtet als die, welche alle 8 Linkshänder — die mit der linken Hand schrieben und nähten — machten. Diese 8 Linkshänder, welche sich unter den Versuchspersonen der Frau Manasseïne befanden, machten alle die Abwehrbewegung — wie um eine Fliege zu verscheuchen — mit der Rechten, auch wenn sie auf der rechten Seite, die Hand

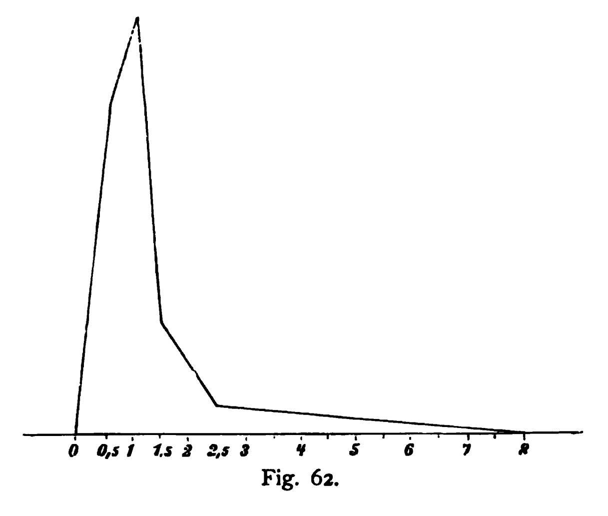


Fig. 62.

unter sich, lagen. Es war bei diesen Versuchen gleichgültig, welche Seite des Gesichtes gekitzelt wurde.

Ich erwähnte bereits, dass wir zur Beurtheilung der Tiefe des Schlafes nur ein Mittel haben, nämlich die Stärke der weckenden Sinnesreize zu vergleichen. Fechner hat die Intensität des weckenden Schalles als Maass zur quantitativen Bestimmung der Tiefe des Schlafes vorgeschlagen. Darauf gründen sich die folgenden Versuche, durch welche man die Tiefe des Schlafes beim Menschen in den verschiedenen Zeiten nach dem Einschlafen festzustellen suchte.

Die ersten Versuche dieser Art hat E. Kohlschütter[1])

1) E. Kohlschütter, „Messungen der Festigkeit des Schlafes". Diss. Leipzig 1862, oder Zeitschrift für rationelle Medicin. Dritte Reihe. Bd. 17. S. 208. 1863.

ausgeführt. Die Schalleindrücke, welche zum Wecken erforderlich waren, wurden durch ein aus verschiedener Höhe auf eine Schiefertafel fallendes Pendel hervorgebracht. Aus der Fallhöhe wird die Intensität des Schalles berechnet. Das Ergebniss der Versuche überblickt man auf der Curve Fig. 62. Die Abscissen geben die Zeit nach dem Einschlafen in Stunden an, die Ordinaten die Tiefe, die „Festigkeit" des Schlafes, gemessen durch die Intensität des weckenden Schalles. Die Curve ist das Mittel aus einer grossen Reihe von Versuchen an mehreren gesunden jungen Männern.

Was aus der Curve zunächst klar hervorgeht und am meisten in die Augen springt, ist, dass die erfrischende, stärkende Wirkung des Schlafes nicht bloss von seiner „Festigkeit" oder „Tiefe"

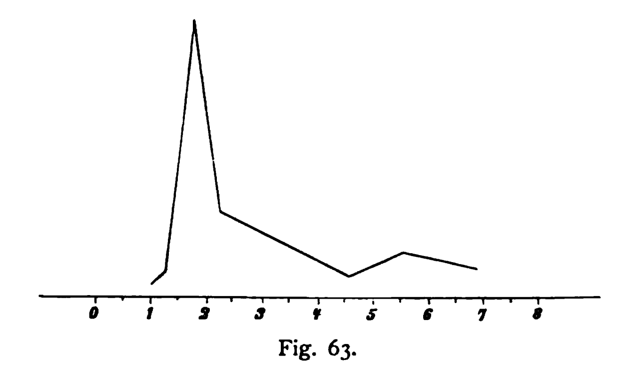


Fig. 63.

abhängt, dass auch die Dauer des Schlafes in Betracht kommt. Sonst müssten wir durch zweistündigen Schlaf fast ebenso gestärkt sein wie durch achtstündigen.

Es ist ferner zu bedenken, dass es nicht bloss auf die Intensität des Schalles ankommt, sondern auch darauf, ob der Schall ein gewohnter oder ungewohnter ist, ferner auf die Bedeutung des Schalles. „Manche sorgsame Mutter wird durch das leiseste Geräusch ihres Kindes geweckt, während sie beim Schnarchen ihres Ehemannes oder sonstigem gewohnten Lärm durchaus nicht erwacht".[1]) Eintönige Geräusche machen bekanntlich sogar schläfrig, z. B. das Anhören einer Vorlesung.

Die Versuche Kohlschütter's sind von zwei Tübinger

1) A. Forel, „Der Hypnotismus". Stuttgart, Enke. 1889. S. 20.

Studenten, O. Mönninghoff und F. Piesbergen[1]) unter Vierordt's Leitung wiederholt worden. Die beiden jungen Forscher schliefen in einem Zimmer und beobachteten sich gegenseitig. Je nach Umständen experimentirte der zufällig Erwachte, während der Schlafende die Versuchsperson abgab. Als Mittelwerthe aus allen Beobachtungen wurden zwei Curven zusammengestellt. Die Curve Fig. 63 bezieht sich auf denjenigen von ihnen, welcher sich für vollkommen gesund hielt. Sie weicht von der Kohlschütter'schen nicht unbedeutend ab. Beachtenswerth ist die Verflachung des Schlafes in der fünften Stunde und die darauffolgende zweite Vertiefung in der sechsten Stunde. Eine solche Vertiefung am Morgen werden viele Personen an sich selbst beobachten. — Der andere Student litt an einer Insufficienz der Mitralis. Die von ihm erhaltene Curve zeigt grosse Abweichungen von der des Gesunden. Um so auffallender ist es, dass die Morgenelevation in seiner Curve genau auf die gleiche Zeit nach dem Einschlafen fällt wie beim Gesunden, aber noch höher ist.

Sowohl Mönninghoff und Piesbergen als auch Kohlschütter beobachteten, dass *die Tiefe des Schlafes bedeutend herabgesetzt wird durch mässigen Alkoholgenuss.* Hiernach muss es verkehrt erscheinen, wenn die Aerzte ihren Patienten und Reconvalescenten „zur Stärkung" Wein verordnen; sie berauben dieselben damit des wirksamsten Mittels zur Wiedererlangung der Kräfte — des erquickenden Schlafes.

Die Kohlschütter'schen Versuche sind schliesslich mit einigen Vervollkommnungen der Methode auch auf der Dorpater Klinik von Eduard Michelson[2]) wiederholt worden. Michelson experimentirte an vier Personen: zwei gaben eine ähnliche Curve wie die Kohlschütter'sche ideale Durchschnittscurve, zwei dagegen eine den von Mönninghoff und Piesbergen ähnliche, insofern, als auch bei ihnen am Morgen zunächst eine Verflachung und darauf eine zweite Vertiefung des Schlafes, die Morgenelevation sich zeigte. Diesen Typus der

1) O. Mönninghoff u. F. Piesbergen, Zeitschrift f. Biologie. N. F. Bd. 1. S. 114. 1883.

2) Eduard Michelson, „Untersuchungen über die Tiefe des Schlafes". Diss. Dorpat 1891, oder „Psychologische Arbeiten", herausgegeben von E. Kraepelin. Bd. 2. S. 84. 1897.

Schlafcurven mit der Morgenelevation möchte ich als „Neurasthenikercurve“ bezeichnen. Die Angaben Michelson's über den Gesundheitszustand derjenigen zwei seiner Versuchspersonen, welche diese Curve zeigten, stimmen zu dieser Benennung. Es stimmt dazu ferner die Erfahrung vieler Neurastheniker, dass sie Morgens oft zu früh aufwachen und nur dann für den folgenden Tag erquickt sind, wenn sie noch ein zweites Mal einschlafen. Zwischen der vierten und sechsten Stunde flacht sich der Schlaf so weit ab, dass häufig vollständiges Erwachen eintritt.

Einen Anhaltspunkt für die Beurtheilung der Tiefe des Schlafes könnten wir vielleicht auch gewinnen an der Art der Träume.[1]) Viele Personen behaupten, häufig gar nicht zu träumen; sie könnten sich, wenn man sie wecke, manchmal durchaus keines Traumbildes entsinnen. An mir selbst habe ich dieses trotz vielfacher Bemühungen niemals beobachten können: man mag mich wecken, zu welcher Zeit nach dem Einschlafen man wolle — stets habe ich lebhafte Träume gehabt. Dagegen beobachte ich folgenden Unterschied. Träume ich von Dingen, die ich vor langer Zeit erlebt habe, so habe ich ruhig und fest geschlafen, denn ich fühle mich gestärkt. Träume ich dagegen von den Erlebnissen der letzten Tage, so habe ich unruhig geschlafen; ich bleibe müde und abgespannt. In meinen jungen Jahren bin ich ein leidenschaftlicher Jäger gewesen, habe jetzt aber seit 20 Jahren keine Flinte mehr in die Hand genommen. Wenn ich nun träume, dass ich auf der Jagd bin — was immer noch sehr häufig vorkommt —, so fühle ich mich stets durch den Schlaf für den ganzen kommenden Tag erquickt und gestärkt.

Die Hirntheile, die zuletzt am angestrengtesten thätig waren, ruhen im tiefen Schlafe; ihre Functionen erlöschen und machen alten Erinnerungsbildern Platz.

Hieraus ergiebt sich eine wichtige diätetische Regel: Wem der traumlose Schlaf nicht vergönnt ist, der sollte wenigstens das Ziel sich setzen, die Bedingungen des Schlafes so zu wählen,

2) Auf den hohen diagnostischen Werth der Träume hat in neuester Zeit Sante de Sanctis, Professor der Psychiatrie in Rom, hingewiesen in seinem Werke „Die Träume, medicinisch-psychologische Untersuchungen“. Deutsch von O. Schmidt, nebst Einführung von P. J. Möbius. Halle, Marhold. 1901. Dort findet sich eine Zusammenstellung der sehr umfangreichen früheren Litteratur — 337 Nummern —.

dass er im Traume sich zurückversetzt finde in die glücklichen Jugendjahre, in die selige Kinderzeit. Wenn wir das nicht erreichen können, wenn die Sorgen und Mühen des letzten Tages uns in den Traum verfolgen, so beweist das, dass Störungen in unseren Functionen eingetreten sind, und wir sollen nicht eher ruhen, als bis wir die Ursachen dieser Störungen erkannt und beseitigt haben.

Einige Personen geben an, dass sie in den ersten Stunden nach dem Einschlafen gar nicht träumen, darauf von alten Zeiten und erst kurz vor dem Erwachen von den letzten Erlebnissen. Dieses stimmt zu der Kohlschütter'schen Idealcurve des normalen Schlafes (Fig. 62).

Dr. A. Pilcz[1]), Assistent an der Irrenanstalt in Wien, theilt mit, er werde als Assistenzarzt häufig in der Nacht geweckt. Ein oder $1\frac{1}{2}$ Stunden nach dem Einschlafen habe er „recht häufig" gar keine Traumerinnerungen oder Träume, die „längst vergangene Situationen zum Gegenstande" hatten. „In dem Maasse" — so fährt er wörtlich fort — „als der Augenblick des plötzlichen unerwarteten Geweckt werdens sich der Zeit nähert, da ich spontan zu erwachen pflege, tauchen neuere, später gewonnene Vorstellungsbilder und Ideencomplexe auf in dem Spiele der Associationen."

Ebenso wichtig, wie die Erforschung der Bedingungen, von denen die Tiefe des Schlafes abhängt, ist die Erforschung der Bedingungen des Einschlafens.

Die erste und bekannteste Bedingung ist eine Herabsetzung aller Sinneseindrücke; wir schlafen am raschesten ein im Dunkeln, in der Stille, wenn uns nichts drückt, wenn es weder zu kalt noch zu warm ist.

Dass wir in der That nur durch beständige Sinneseindrücke wach erhalten werden, geht aus dem bekannten Versuche Strümpell's[2]) (vgl. S. 2) hervor. In der Klinik zu Leipzig befand sich ein 15 jähriger Schuhmacherlehrling wegen eines Nervenleidens, das Strümpell zu den Formen der Hysterie rechnet. Bei dem Patienten nahm die Temperatur-, Tast- und Schmerzempfindung

1) A. Pilcz, Wiener klinische Rundschau. Bd. XII. S. 505. 1898. Vgl. Vaschide, Comptes rendus. T. 129. p. 183. 1899.

2) Ad. Strümpell, Pflüger's Arch. Bd. 15. S. 573. 1877. Ausführliches im Deutschen Arch. f. klin. Med. Bd. 22. S. 321. 1878.

immer mehr ab, bis völlige Anästhesie der ganzen Haut und der Schleimhäute am Eingange in die Körperhöhlen eintrat. Man konnte ihm die Blase katheterisiren, den Mastdarm sondiren, die Epiglottis mit dem Finger hin und her bewegen, ohne dass er es empfand. Es schwanden ferner der Muskelsinn und das Ermüdungsgefühl. „Wenn durch Faradisation der Muskeln oder Nerven die ersteren in den stärksten Tetanus versetzt wurden, erregte dies dem Kranken nicht die geringste Empfindung." Passive Bewegungen aller Glieder wurden nicht wahrgenommen. Strümpell sagt: „Wir haben oft, nachdem dem Patienten die Augen verbunden waren, denselben im Zimmer umhergetragen, ihn auf einen Tisch gelegt, seinen Armen und Beinen dabei die abenteuerlichsten und scheinbar unbequemsten Stellungen gegeben, ohne dass er eine Ahnung davon hatte. Der Ausdruck des Erstaunens in seinem Gesichte, wenn ihm dann in solcher Lage mit einem Male das Tuch von den Augen genommen wurde, lässt sich nicht mit Worten beschreiben". Das Fehlen des Müdigkeitsgefühles liess sich folgendermaassen nachweisen: „Hiess man den Kranken bei geschlossenen Augen seinen Arm erheben und hoch halten, so that er dies ohne Mühe. Nach 1—2 Minuten aber fing der Arm zu zittern und zu sinken an, ohne dass Patient davon irgend eine Empfindung hatte". Der Patient verlor ferner den Geruchs- und Geschmackssinn, sowie die Empfindungen des Stuhl- und Harndranges. Schliesslich trat Erblindung des linken Auges und Taubheit des rechten Ohres ein. „Wurde diesem Kranken sein sehendes Auge verbunden und sein hörendes Ohr mit Watte verstopft, so machte der Kranke einige Aeusserungen der Verwunderung, versuchte vergeblich sich durch Schlagen mit der Hand Gehörseindrücke zu verschaffen. Nach wenigen (2—3) Minuten liessen diese Bewegungen schon nach, Respiration und Puls wurden ruhiger, erstere gleichmässiger, tiefer. Man konnte jetzt die Binde von den Augen entfernen. Dieselben waren geschlossen; der Kranke lag da in festem Schlaf." Ueberliess man den am Tage künstlich in Schlaf versetzten Kranken sich selbst, so dauerte der Schlaf unter günstigen äusseren Umständen mehrere Stunden lang fort. Erst dann erfolgte ein Erwachen, sei es bei der jedenfalls zunehmenden Erregbarkeit des Gehirnes durch geringe äussere, nicht zu vermeidende Reize, sei es durch sogenannte „innere Reize". Wollte man den Schlafenden künst-

lich erwecken, so war dies nur möglich durch einen Reiz auf sein hörendes Ohr oder durch einen in sein sehendes Auge fallenden Lichtreiz. Stechen, Kneifen der Haut, Rütteln und Schütteln des ganzen Körpers blieben erfolglos. „Ich habe", sagt Strümpell, „den Kranken oft Nachts, wo Alles im tiefsten Schlafe lag, besucht, habe ihn an den Haaren gerissen etc. — er schlief ruhig weiter. Wenn aber sein rechtes Auge geöffnet und ein brennendes Licht davor gehalten wurde, oder wenn man ihm seinen Namen wiederholt in's linke Ohr hineinrief, dann wachte er langsam auf."

Zwei ähnliche Fälle wurden auf v. Ziemssen's Klinik in München beobachtet.[1]) Der Hauptunterschied bestand nur darin, dass in diesen Fällen noch beide Augen und Ohren fungirten, während in dem Strümpell'schen Falle auch noch das eine Ohr und das eine Auge ausser Function waren. Die vollständige Anästhesie der gesammten Haut und der Schleimhäute des Mundes und Rachens wurde auch in den zwei Fällen auf Ziemssen's Klinik durch genaue Untersuchung festgestellt.

In dem einen dieser beiden Fälle wurde auch das vollständige Erloschensein des Geruchs- und Geschmackssinnes nachgewiesen, ebenso das völlige Fehlen des Muskelsinnes und des Ermüdungsgefühles, des Hunger- und Durstgefühles sowie des Harndranges und Stuhldranges. „Die Conjunctiva bulbi sowie die Cornea beider Augen können mit dem Finger derb berührt und erstere mit der Pincette gefasst werden: keine Empfindung noch Lidschluss." Willkürliche Bewegungen konnte der Patient gut ausführen, solange er sie mit dem Auge controlirte. Bei geschlossenen Augen war jede Bewegung unmöglich. Schloss man die Ohren, so konnten auch die Muskeln des Kehlkopfes nicht mehr fungiren; der Patient konnte keinen Laut mehr hervorbringen (vgl. oben Vortr. 14 S. 227). Dieser Fall endete mit Genesung, wenigstens was die körperlichen Functionen betrifft; nur psychisch blieb der Patient etwas abnorm.

In dem zweiten Falle, bei einer Frau von 58 Jahren, war nur die Anästhesie der Haut complet, dagegen die Anosmie nur auf der rechten Seite vollständig und die Ageusie nur auf der rechten

1) Max Heyne, Deutsches Archiv für klin. Med. Bd. 47. S. 75. 1891. Dort ist auch die frühere Litteratur über ähnliche Fälle zusammengestellt. H. v. Ziemssen, ebend. S. 89.

Seite nahezu vollständig. Dieser Fall endigte tödtlich. Bei der Untersuchung des Gehirnes wurde keine Abnormität gefunden.

Bei beiden Patienten gelang der Strümpell'sche *Versuch des Einschläferns durch Verschluss beider Ohren und Augen stets prompt.*

Der erste Patient schlief schon nach $1/4$—$1/2$ Minute und man konnte Watte und Binde entfernen. Aus diesem künstlichen Schlafe war der Patient nur zu erwecken durch starke Gehörs- und Lichteindrücke. Dabei litt er ohne diese künstlichen Mittel an Schlaflosigkeit. „Ueberliess man ihn in der Nacht sich selbst, so schlief er nur $1/2$—$1\,1/2$ Stunden."

Bei der zweiten Patientin war das merkwürdig, dass sie nach der künstlichen Einschläferung schon nach 1 Minute unter Zusammenschrecken wieder aufwachte. — Bei dieser Patientin war ja, wie erwähnt, die Unempfindlichkeit keine so vollständige, wie bei den beiden anderen Patienten.

Aus allen drei Beobachtungen geht zur Genüge hervor, dass die Vermeidung von Sinneseindrücken die wichtigste Bedingung des Einschlafens ist. Sie ist aber nicht die einzige. Strümpell bemerkt zu seinem Versuche, dass ein Gebildeter wohl nicht so rasch eingeschlafen wäre, wie dieser Junge, dessen Intelligenz übrigens zur Zeit der Gesundheit normal gewesen war.

Wer einen grossen Vorrath von Erinnerungsbildern und Kenntnissen in seinem Hirne aufgespeichert hat, zehrt unwillkürlich von diesem Vorrathe. Die Gedankenarbeit kommt nicht so leicht zur Ruhe. Das ist der Grund, weshalb kenntnissreiche und denkende Menschen mit lebhaftem Interesse oft so schwer einschlafen. Karl Ernst von Baer sagt in einer seiner berühmten Reden, wenn ein junger Mann sich der akademischen Lehrthätigkeit widmen wolle, so pflege man durch ein Examen sein Wissen zu prüfen; man sollte lieber festzustellen suchen, ob er schon Nächte durchwacht hat, um über eine Frage in's Klare zu kommen.

Was von der Geistesarbeit gilt, gilt aber noch mehr von allen leidenschaftlichen Erregungen des Gemüthes. Auch diese müssen zur Ruhe kommen, damit das Einschlafen möglich werde. Es kommen aber noch alle möglichen anderen psychischen Bedingungen hinzu, die erfüllt sein müssen, um das Einschlafen zu Stande zu bringen. Bei vielen Personen ist das Einschlafen durch bestimmte Gewohnheiten bedingt. „Jede Unterbrechung der-

selben hat bei sensiblen Naturen eine schlaflose Nacht zur Folge." Bei solchen Naturen gilt es als „selbstverständlich, dass sie an einem fremden Orte, in einem neuen Bette die erste Nacht schlecht schlafen". Versäumen sie es, zur gewohnten Stunde in's Bett zu gehen, so tritt gleichfalls Schlaflosigkeit ein. Wiederholen sich solche Unregelmässigkeiten, so kann bleibende Schlaflosigkeit die Folge sein. Eine Hauptursache der Schlaflosigkeit ist die Furcht vor der Schlaflosigkeit.[1]) Der blosse Gedanke, man werde nicht zur rechten Zeit einschlafen, quält und verfolgt die Patienten und macht einen regelmässigen und anhaltenden Schlaf unmöglich. Hier eröffnet sich dem denkenden, psychologisch gebildeten Arzte ein reiches Feld der dankbarsten Thätigkeit — die rein psychische Behandlung. Die krankhafte Autosuggestion muss bekämpft, die psychische Störung beseitigt werden. Nur muss vor der Einseitigkeit gewarnt werden, jede Schlaflosigkeit auf psychische Ursachen zurückführen zu wollen. Ebenso häufig ist die Ursache ein ungenügender Gebrauch der Muskeln. Aber auch hier muss vor Einseitigkeit gewarnt werden; sonst geht es einem wie jenem Arzte, der dem Patienten sagt: „Sie müssen sich mehr Bewegung an frischer Luft machen." Und der Patient erwidert: „Herr Doctor! Ich bin Landbriefträger!" Mancher arme, anämische Neurastheniker wird vom Arzte rastlos über Berg und Thal gehetzt, während er vor Allem der Ruhe bedarf. — Also auf ein feines Individualisiren kommt es vor Allem an.

Zu den Bedingungen des Einschlafens scheint ferner die Anämie des Gehirns und des ganzen Kopfes zu gehören. Jeder kann es an sich beobachten, dass, wenn der Kopf hyperämisch ist — was am leichtesten daran zu erkennen ist, dass die Ohren geröthet sind und sich warm anfühlen — man nicht gut einschläft. Wenn man schläfrig ist, sind die Ohren kalt und blass. Auf einem weichen Kopfkissen, in welches der Kopf einsinkt und sich nicht abkühlen kann, schläft man schlechter als auf einem fest gestopften, in welches der Kopf nicht einsinken kann. Nur dürfen wir nicht vergessen, dass aus der Anämie der Gewebe und Organe an der Oberfläche des Kopfes nicht ohne Weiteres auf eine Anämie des Gehirnes geschlossen werden darf. Es könnte sogar ein Antagonismus bestehen.

1) Ewald Hecker, „Die Behandlung der Schlaflosigkeit". Frankfurt a. M. J. Alt. 1896.

Man hat sich vielfach bemüht, experimentell zu beweisen, dass im Schlafe das Blut aus dem Hirn zurücktritt und der Blutreichthum anderer Organe zunimmt.[1]) Die neuesten Versuche in dieser Richtung hat W. H. Howell[2]) angestellt. Er zeigte mit Hülfe des Plethysmographen, dass das Armvolumen während des Schlafes sich vergrössert. Hierbei ist zu bedenken, dass das Volumen des Schädelinhaltes sich nur sehr wenig ändern kann. Contrahiren sich die Blutgefässe im Schädel, so muss Lymphe hineinströmen. Erweitern sich die Blutgefässe, so muss Lymphe herausströmen. Wenn also in Folge einer Circulationsstörung im Schädel das Armvolumen anschwillt, so wissen wir nicht, wie das zusammenhängt, ob eine Blutstauung oder Lymphstauung im Arme eingetreten ist, ob im Schädel die Menge des Blutes vermindert oder vermehrt ist. Vor Allem aber müssen wir bedenken, dass die Veränderungen des Armvolumens überhaupt gar nicht mit Veränderungen im Schädel zusammenzuhängen brauchen. Wir müssten, um diese Frage zu entscheiden, über die Circulationsvorgänge in allen Organen während des Schlafes unterrichtet sein. Wenn man dieses überlegt, wird man einsehen, dass die bisherigen Untersuchungen[3]) über den Kreislauf in der Schädelhöhle im Schlafe und im Wachen noch kein befriedigendes Resultat haben liefern können.

Als Beispiel eines derartigen Versuches hebe ich den folgenden sehr wichtigen und interessanten hervor, den unter Leitung von Kries in Freiburg A. Christern[4]) ausgeführt hat. Er zeigte an einem Knaben mit einer Meningocele spuria traumatica, dass im Momente des Einschlafens der Druck in der Schädelhöhle sinkt:

Ein 4jähriger Knabe hatte sich im zweiten Lebensjahre durch einen Fall eine Schädelverletzung zugezogen. In der Gegend der rechten Seite des Hinterhauptes befand sich eine 10 Cm.

---

1) Angelo Mosso, Sulla circolazione del sangue nel cervello dell' uomo. Roma 1880.

2) W H. Howell, Journal of experimental med. Vol. II. p. 313. 1897.

3) Von neuesten Arbeiten seien erwähnt C. E. Brush and R. Fayerweather, The American Journal of Physiology. Vol. 5. p. 199. 1901. K. Brodmann, Journ. f. Psychologie u. Neurologie. Bd. I. S. 10. 1902. Dort findet sich die frühere Litteratur citirt.

4) A. Christern, Beiträge zur klinischen Chirurgie. Bd. 9. S. 246 u. 259. 1892.

lange und 4 Cm. breite prominirende Geschwulst, die sich weich anfühlte, pulsirte und fluctuirte. Die Pulsation ist dem Herzschlage isochron; sie ist nicht blos fühlbar, sondern auch sichtbar. „Der Knochen in der Umgebung der Geschwulst ist gegen dieselbe hin scharf abgeschnitten, so dass die Geschwulst durch einen Defect aus dem Schädelinnern hervorgetreten zu sein scheint."

Um eine Curve der Pulsation dieser Geschwulst zu gewinnen, machte Christern „einen Gypsabguss der betreffenden Schädelpartie und höhlte dann den über der Geschwulst gelegenen Theil so weit aus, dass, wenn sie vorgetreten war, eine fast 1 Cm. hohe Luftsäule über der Geschwulst stand. In diese Kappe befestigte er luftdicht ein Glasrohr, das durch einen Gummischlauch mit der Marey'schen Trommel verbunden wurde. Die Kappe wurde dann mit Glaserkitt und Bindetouren an dem Schädel befestigt."

Die so erhaltene Curve stellte die Wellen der Pulsation und Respiration sehr schön und deutlich dar. ***Beim Einschlafen des Kindes zeigte die Curve eine deutliche Senkung.*** Nur dürfen wir nicht vergessen, dass der Druck keinen Schluss gestattet auf die Blutfülle und noch weniger auf die Blutzufuhr, auf die Lebhaftigkeit des Kreislaufes und des Stoffwechsels. Wir müssen immer bedenken, dass auch der Lymphstrom mitspielt, dass auch die Lymphgefässe unter dem Einfluss des Nervensystems stehen.

Aus einer Anämie des Gehirnes erklärt sich vielleicht auch die Schläfrigkeit, die sich nach einer reichlichen Mahlzeit einstellt: Das Blut strömt zu den Verdauungsorganen und das Hirn wird blutärmer.

Eine auffallende Beobachtung, die Jeder macht, der einen Schnupfen hat, ist die, dass während des Schlafes die Secretion der Nasenschleimhaut aufhört. Diese Thatsache erklärt sich am ungezwungensten gleichfalls aus der Anämie des ganzen Kopfes während des Schlafes.

Ist die Anämie des Gehirnes eine Bedingung des tiefen Schlafes, so erscheint es als zweckmässig, dass der Hirntheil, der am meisten gearbeitet hat, auch am blutärmsten wird während des Schlafes. Dieser Hirntheil ist bei den meisten Menschen — bei den Rechtshändern — die linke Hemisphäre des Grosshirnes (vgl. oben S. 252). Damit hängt es vielleicht zusammen, dass die

meisten Menschen instinctiv auf der rechten Seite liegend schlafen. Die linke Kopfhälfte wird dabei kühler. Ein zweiter Grund, auf der rechten Seite zu liegen, ist der, dass das Herz dabei ruhiger, ungehinderter arbeitet. Bei den Linkshändern tritt eine Collision ein. Zur Abkühlung der rechten Kopfhälfte sollten sie auf der linken Seite schlafen, um der ungestörten Herzarbeit willen auf der rechten. Deshalb schlafen nicht alle Linkshänder auf der linken Seite, wohl aber die Mehrzahl. Ein Theil der Linkshänder macht dem Herzen die Concession, auf der rechten Seite zu schlafen. Ein anderer Theil schliesst ein Compromiss und schläft auf dem Rücken. Fr. Lueddeckens[1]) hat eine Statistik darüber angestellt und gefunden, dass von 62 Linkshändern 35 auf der linken Seite schliefen, 19 auf der rechten und 8 auf dem Rücken.

Wenn wir nun schliesslich das Wenige zusammenfassen, was wir an Thatsachen über die Erscheinungen des Schlafes wissen — können wir uns da eine Vorstellung bilden über das Wesen der Veränderungen, die sich in unserem Hirn beim Einschlafen und beim Erwachen abspielen? Können wir uns vorläufig wenigstens eine Hypothese construiren über das Wesen des Schlafes?

Solche Versuche einer hypothetischen Erklärung sind vielfach gemacht worden. Purkinje[2]) (1789—1869) nahm an, der Schlaf trete ein durch Unterbrechung der Leitung — sowohl der centripetalen als auch der centrifugalen — zwischen den Grosshirnhemisphären und dem übrigen Gehirn. Er verlegte also die Veränderung beim Einschlafen in den Stabkranz. Er erklärte daraus, dass die Sinneseindrücke nicht mehr bis zum Bewusstsein des Schlafenden vordringen — wenn sie eine gewisse Intensität nicht übersteigen, bei der die unterbrochene Leitung wieder hergestellt wird. Er erklärte ferner eine Traumerscheinung, die fast alle Menschen häufig an sich beobachten, dass nämlich die Muskeln dem Willen nicht gehorchen: man liegt auf den Eisenbahnschienen, der Zug braust heran, man will sich erheben und entfliehen, aber kein Glied regt sich. Der Wille sitzt im Grosshirn,

---

1) Fr. Lueddeckens, „Rechts- u. Linkshändigkeit". Leipzig, Engelmann. 1900. S. 81.

2) Joh. E. von Purkinje, Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III, 2. S. 475. 1846.

die Verbindung aber zwischen dem Grosshirn und den Centren, von denen aus die Muskeln zunächst innervirt werden, ist unterbrochen. Diese Theorie Purkinje's hat noch in neuester Zeit der Wiener Ophthalmologe L. Mauthner[1]) vertreten.

Gegen die Theorie Purkinje's spricht die von Goltz beobachtete wichtige Thatsache, dass der Hund ohne Grosshirn noch den regelmässigen Wechsel von Schlaf und Wachen zeigte. Sollte Purkinje also doch wenigstens theilweise Recht haben, sollte wirklich eine Unterbrechung der Leitungsbahnen im Hirn das Wesen des Schlafes ausmachen, so handelte es sich jedenfalls nicht blos um eine Unterbrechung im Stabkranz, sondern auch in anderen, in tieferen Theilen des Hirnes.

Die so modificirte Theorie Purkinje's, in die Sprache der modernen Histiologie übersetzt, haben Rabl-Rückhard[2]), Lépine[3]) und Duval[4]) vertreten. Sie nehmen an, im Schlafe werde die Communication zwischen den Neuronen dadurch unterbrochen, dass sie die Fäserchen ihrer Endbäumchen zurückziehen. Die Fäserchen der Endbäumchen fungiren also ähnlich wie die Pseudopodien der Amöben, welche bald ausgestreckt, bald in den Protoplasmaleib zurückgezogen werden. Wenn sich die Fäserchen der Endbäumchen zweier Neuronen einander entgegenstrecken, oder wenn die Fäserchen vom Endbäumchen eines Neurons die Ganglienzelle eines anderen umgreifen, so ist die Verbindung zwischen den Neuronen hergestellt — wir haben den Zustand des Wachens. Sobald aber die Endbäumchen eingezogen werden, ist die Communication unterbrochen — wir schlafen ein.

Duval beruft sich zur Begründung dieser Hypothese darauf, dass Wiedersheim[3]), Professor der Anatomie in Freiburg

---

1) L. Mauthner, Wiener med. Wochenschrift. Jahrgang 40. No. 23 bis 28. 1890.

2) H. Rabl-Rückhard. Neurolog. Centralbl. Jahrg. 9. Nr. 7. 1890.

3) R. Lépine, Revue de médecine. 1894. p. 727 et 728.

4) M. Duval, Comptes rendus hebdom. des séances et mémoires de la Soc. de Biol. 2 février 1895.

5) Wiedersheim, Anat. Anzeiger. 1890. Bd. 5. S. 673. P. Samassa (ebenda. Bd. 6. S. 54. 1891) bestreitet, dass die von Wiedersheim in Bewegung gesehenen Zellen nervöse Flemente gewesen seien.

i. B., an den Ganglienzellen im Hirne der Leptodora hyalina, eines durchsichtigen kleinen Krebses amöboïde Bewegungen gesehen hat, und dass die Protoplasmafortsätze der Riechzellen Bewegungen zeigen.

Wenn wir diese Hypothese acceptiren, so müssen wir jedenfalls annehmen, dass sich die Unterbrechung der Communication zwischen den Neuronen im Schlafe niemals auf alle Neuronen erstreckt: gewisse Hirntheile — man denke nur an das Athemcentrum in der Medulla oblongata — fungiren ununterbrochen weiter. Auch in den Grosshirnhemisphären scheint die Unterbrechung immer nur eine theilweise zu sein, wenigstens bei den Personen, die keinen traumlosen Schlaf haben.

Die Annahme einer theilweisen Trennung der Neurone im Schlafe erklärt die theilweise Dissociation der Vorstellungen im Traume. Im Wachen sind die Vorstellungen alle associirt, zu ganz bestimmten festen Ketten und Reihen, durch die vorausgegangenen Erfahrungen des ganzen Lebens geordnet. Deshalb genügt im Wachen jeder Sinneseindruck, eine endlose Kette von Vorstellungen hervorzurufen. Deshalb kommt das Hirn nicht zur Ruhe, bis beim Einschlafen die Dissociation eintritt. Dass nun aber die Dissociation keine vollständige ist, lehren die Träume. Die Vorstellungsreihen des Träumenden sind weit bildsamer als die des Wachenden; sie lassen sich leicht zu neuen Ketten zusammenfügen, deren Bildung beim Wachenden durch vorgebildete feste Ketten verhindert wird.[1]) Aehnlich verhält sich der Hypnotisirte. (Vgl. den folgenden Vortrag.) Deshalb ist er suggestibel. Es lassen sich leicht neue Vorstellungsketten hervorbringen, weil die alten gelockert sind. Es lassen sich krankhafte Autosuggestionen überwinden.

Duval hat seine Hypothese auch ausgedehnt auf die Erklärung des künstlichen Schlafes durch die Hypnotica und auf die Erklärung der Wirkung anderer Nervengifte, z. B. des Curare (vgl. oben S. 107 u. unten Vortr. 22). Und wie es das Kennzeichen einer guten Hypothese ist, dass sie mehr erklärt als blos die Erscheinungen, zu deren Erklärung sie aufgestellt wurde, so erwies sich die Annahme Duval's auch als befriedigende

1) A. Forel, „Der Hypnotismus". Stuttgart, Enke. Aufl. 3. S. 117. 1895.

Hypothese zur Erklärung der so auffallenden Erscheinung des plötzlichen Auftretens und Schwindens von Lähmungen und Anästhesien bei den Hysterischen.

Zum Schluss will ich nicht unerwähnt lassen, dass die neuesten Anschauungen von Apathy und Bethe über den Zusammenhang der Neurone die Hypothese von Rabl-Rückhard wiederum in Zweifel ziehen (vgl. Vortrag 1 S. 7).

Neunzehnter Vortrag.

Der Hypnotismus.

Im Anschluss an unsere Betrachtungen über den Schlaf sei es mir gestattet, auch die Erscheinungen des hypnotischen Schlafes kurz zu erwähnen und die Vorgänge der Suggestion, welche den hypnotischen Schlaf hervorrufen.

Die Kenntniss des hypnotischen Schlafes und die Anwendung der Suggestion als Heilmittel ist so alt, wie die Geschichte der Menschheit und wahrscheinlich noch viel älter.[1]) Die Wissenschaft war an diesen Erscheinungen immer wieder vorübergegangen, weil man das, was man nicht erklären konnte, für Betrug und Täuschung hielt. Unsere heutigen wissenschaftlichen Kenntnisse über den Hypnotismus sind das Ergebniss einer Reihe zusammenhängender Untersuchungen, welche zurückgehen bis auf Franz Anton Mesmer (1734—1815).

Mesmer's unsterbliches Verdienst besteht darin, dass er die Pariser Akademie gezwungen hat, sich eingehend, wissenschaftlich und gründlich mit den Erscheinungen der Suggestion und Hypnose zu befassen. Seit die Pariser Akademie ihr officielles Gutachten über die suggestive Heilmethode Mesmer's abgegeben, war die Frage nach dem Wesen des Hypnotismus in die Acten der Wissenschaft aufgenommen und ist seitdem nicht wieder aus den physiologischen und medicinischen Forschungen verschwunden.

Die Lebensschicksale Mesmer's sind bekannt.[2]) Er prakti-

---

1) Man lese hierüber das interessante Werk von Otto Stoll, „Suggestion und Hypnotismus in der Völkerpsychologie“. Leipzig, Koehler. 1894. Aufl. 2. Leipzig, Veit & Comp. 1904.

2) Die Schriften Mesmers und die Quellen über sein Leben finden sich citirt bei H. Haeser, Lehrb. d. Geschichte der Medicin. Bd. 2. S. 785 ff. Jena, Fischer. 1881.

cirte in Wien und in Paris und behandelte seine Patienten durch Berühren und Bestreichen des Körpers mit einem Magneten. Er erzielte auffallende Heilerfolge und erregte grosses Aufsehen. Viele Patienten verfielen bei seiner Behandlung in hypnotischen Schlaf und in den Zustand des Somnambulismus. Einige seiner Patienten mögen dadurch auch geschädigt worden sein. Mesmer wurde daraufhin angeklagt, und die französische Regierung setzte im Jahre 1784 zwei Commissionen nieder, bestehend aus Mitgliedern der Académie des sciences und der Société de médecine. Beide Commissionen verurtheilten die Lehren und das Heilverfahren Mesmer's. Die Forschungen aber nach der Wirkungsart des Mesmer'schen Heilverfahrens sind seitdem in der wissenschaftlichen Welt nicht mehr zur Ruhe gekommen.

Einen wesentlichen Fortschritt in der Erkenntniss der eigentlichen Ursachen des hypnotischen Schlafes und des Somnambulismus bewirkte James Braid (1795—1860), Arzt in Manchester. Er bekämpfte die Lehre Mesmer's, nach welcher der Magnetiseur eine von ihm ausgehende geheimnissvolle Kraft auf den Patienten übertrage, und zeigte im Jahre 1841, dass die Hypnose auch ohne Magneten zu Stande kommt, z. B. dadurch, dass man die Versuchsperson längere Zeit einen Gegenstand anstarren lässt.[1])

Aber erst im Jahre 1866 zeigte Ambroise Auguste Liébeault[2]), Arzt in Nancy, dass das Anstarren eines Gegenstandes ebenso unwesentlich ist, wie das Bestreichen mit dem Magneten, dass das Wesentliche bei der Erzeugung der Hypnose und bei dem Mesmer'schen Heilverfahren nur die „Verbalsuggestion" sei. Liébeault zeigte, dass die Verbalsuggestion allein, die blosse Versicherung, man werde einschlafen, genügt, einen Menschen in hypnotischen Schlaf und in den Zustand des Somnambulismus zu versetzen. Liébeault zeigte ferner, dass die Verbalsuggestion auch das Wirksame bei dem Messmer'schen Heilverfahren sei, die Versicherung des Arztes, dass der Krankheitszustand sich bessern werde, der Eindruck, den diese Ver-

1) James Braid, „Neurypnology or the rationale of nervous sleep, considered in relation with animal magnetisme". London, Churchhill. 1843.

2) A. A. Liébeault „Du sommeil et des états analogues, considérés surtout au point de vue de l'action du moral sur le physique". Paris, Masson. 1866 und „Le sommeil provoqué et les états analogues". Paris, Doin. 1889.

sicherung auf das Gemüth des Kranken hervorbringt, auf das gesammte Nervensystem und damit indirect auf alle Organe.

Diese Ueberzeugung ist seitdem die herrschende geworden. Die Verbalsuggestion wird nur unterstützt durch geheimnissvolle Handlungen aller Art, welche der Versuchsperson imponiren, durch Berühren mit Magneten ebensowohl, wie durch Elektrisiren oder durch die Verordnung homöopathischer Pillen und durch Proceduren der Balneotherapie und Pharmakotherapie oder die Ceremonien an einem Wallfahrtsorte.

H. Bernheim[1]), Professor in Nancy, wandte die Ergebnisse Liébeault's auf die Therapie an und wurde damit der Begründer der sogenannten „Schule von Nancy".

Es dauerte lange, bis diese wichtigen Entdeckungen in wissenschaftlichen Kreisen Deutschlands Beachtung fanden. Es waren insbesondere die Schaustellungen des Hypnotiseurs Hansen im Jahre 1878, welche die Aufmerksamkeit darauf lenkten und den Physiologen Heidenhain[2]) veranlassten, sich eingehend und gründlich mit dem Gegenstand zu beschäftigen.

Ein grosses Verdienst um die Beseitigung der Vorurtheile, die man in deutschen medicinischen Kreisen der Suggestionstherapie entgegentrug, erwarb sich ferner Aug. Forel[3]) durch seine anregende und interessante Schrift „Der Hypnotismus und seine Handhabung".

Inzwischen war man noch von einer anderen Seite her auf dieselben Fragen gestossen — durch den Thierversuch.

Es ist eine von Alters her bekannte Thatsache, dass man gewisse Thiere durch vorübergehendes sanftes Festhalten in einen Zustand anhaltender Bewegungslosigkeit und scheinbaren Schlafes versetzen kann. Besonders an Hühnern gelingt der Versuch leicht und ist gewiss ebensolange bekannt, wie das Huhn ein Hausthier des Menschen ist. In die wissenschaftliche Litteratur wurde dieser

1) H. Bernheim, „De la suggestion dans l'état hypnotique et dans l'état de veille". Paris 1884. „De la suggestion et de ses applications à la thérapeutique". Paris 1886. „Hypnotisme, Suggestion, Psychothérapie". Études nouvelles. Paris, Doin. 1891.

2) R. Heidenhain, „Der sogenannte thierische Magnetismus. Physiologische Beobachtungen". Leipzig, Breitkopf & Härtel. 1880.

3) A. Forel, „Der Hypnotismus, seine psychologische, medizinische, strafrechtliche Bedeutung und seine Handhabung". Aufl. 3. Stuttgart, Enke. 1895.

Versuch durch den Jesuiten Anasthasius Kircher (1601 bis 1680) eingeführt, der ihn in seinem Werke „Ars magna lucis et umbrae"[1]) beschreibt und abbildet. Seitdem figurirt dieser einfache Versuch in der Physiologie unter dem Namen „Experimentum mirabile Kircheri".

In neuerer Zeit beschäftigte sich Joh Czermak[2]) (1828 bis 1873) mit solchen Versuchen: er wiederholte das Experimentum Kircheri an vielen verschiedenen Vögeln und kam zu der Vermuthung, die Bewegungslosigkeit dieser Thiere sei etwas der am Menschen beobachteten Hypnose Analoges. Preyer[3]) gelangte bei Wiederholung der Versuche zu der Ansicht, die Thiere würden aus Furcht bewegungslos, und deutete als Ausdruck der Furcht die gesteigerte Respiration der ruhig daliegenden Thiere.

Gegen diese Auffassung trat Heubel[4]) auf, indem er zeigte, dass Frösche auch nach Exstirpation den Gross- und Mittelhirnes noch hypnotisirbar sind:

Bringt man einen normalen Frosch in die Rückenlage, so wendet er sich sofort wieder um. Dieses thut er auch dann noch, wenn man ihm zuvor das Grosshirn und selbst, wenn man ihm auch das Mittelhirn exstirpirt hat. Erst dann, wenn auch die Medulla oblongata abgetragen ist, bleibt der Frosch in der Rückenlage ruhig liegen. Deshalb wird in der Toxikologie bei der Beurtheilung einer Giftwirkung am Frosche die Toleranz der Rückenlage als Zeichen des Verlustes willkürlicher Motilität und bewusster Sensibilität angesehen.

Wenn man nun aber einen normalen Frosch in die Rückenlage bringt und durch sanftes Fixiren einige Zeit in dieser Lage erhält, so bleibt er, losgelassen, anhaltend in dieser Lage. Dasselbe beobachtet man auch dann noch, wenn man zuvor das Grosshirn und die Lobi optici abgetragen hat. Hier kann also die Furcht nicht die Ursache der Unbeweglichkeit sein.

Dasselbe constatirte Max Verworn[5]) an Hühnern. Er zeigte, dass das Experimentum mirabile auch an grosshirnlosen

1) Anasthasius Kircher, „Ars magna lucis et umbrae". Romae. 1646. Lib. II. Pars I. p. 154. Dazu ein Holzschnitt.

2) Joh. Czermak, Pflüger's Archiv. Bd. 17. S. 107. 1873.

3) W. Preyer, Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1873. S. 177.

4) Emil Heubel, Pflüger's Arch. Bd. 14. S. 158. 1877.

5) Max Verworn, Beiträge zur Physiologie des Centralnervensystems. Th. I. S. 53. Jena 1898.

Hühnern gelingt. Nur dauert die Bewegungslosigkeit länger: beim normalen Huhne gewöhnlich 5—10 Minuten, selten $^1/_2$ Stunde, beim grosshirnlosen gewöhnlich mindestens $^1/_2$ Stunde, öfter über 2 $^1/_2$ Stunden.

Heubel nimmt an, es handle sich bei der Hypnose der Thiere, bei dem bewegungslosen Verharren in der Rückenlage, um nichts Anderes, als um „gewöhnlichen, mehr oder weniger tiefen Schlaf". Die Augen waren stets geschlossen oder halbgeschlossen. Athmung und Herzthätigkeit sind nur im Anfange des Zustandes beschleunigt, namentlich wenn das Thier Widerstand geleistet hatte. Später tritt Verlangsamung der Herz- und Respirationsthätigkeit ein und grosse Regelmässigkeit des Athemrhythmus. Die Musculatur ist vollständig erschlafft.

Vor dem Eintritt dieser Erschlaffung, „in der Periode des Einschlafens", hat Heubel bisweilen die sogenannte Flexibilitas cerea beobachtet, die auch Czermak an seinen hypnotisirten Vögeln gefunden hatte. Als Flexibilitas cerea bezeichnet man bekanntlich denjenigen Zustand der Muskeln, bei welchem die Glieder in jeder ihnen passiv ertheilten Stellung unwillkürlich verharren. Man beobachtet diesen Zustand der Muskeln auch beim Menschen als Symptom hysterischer Zustände — bisweilen auch bei schweren Formen der Melancholie, bei der progressiven Paralyse und anderen Nervenleiden — gewöhnlich gepaart mit Bewusstseinsanomalien und Anästhesien. Man bezeichnet diesen ganzen Symptomencomplex als Katalepsie. Der kataleptische Muskelzustand wird auch bei hypnotisirten Menschen häufig beobachtet.

Zu Gunsten seiner Annahme, dass es sich bei der Hypnose nur um normalen Schlaf handle, macht Heubel ferner geltend, dass die Bedingungen für das Zustandekommen der Hypnose ganz dieselben sind, die wir bereits als Bedingungen des normalen Einschlafens kennen gelernt haben (S. 274), nämlich das Fernhalten aller Sinnesreize. In der Rückenlage werden die Tastnerven am wenigsten gereizt. Der Theil der Glieder, welcher in der Norm den Boden berührt, ist besonders geeignet, Tasteindrücke aufzunehmen. Auch ist die ganze Bauchfläche viel nervenreicher als die Rückenfläche. In der Bauchlage lässt sich ein Frosch nur sehr schwer und selten einschläfern, und der Schlaf ist nicht tief. Unterstützt wird das Hypnotisiren ausser durch die Rückenlage noch durch die Abhaltung von Schall und

Licht. Auch bei den Vögeln kommt das Einschlafen durch Abhaltung der Sinneseindrücke zu Stande. In der Rückenlage gelingt der Versuch besser als in der Bauchlage. Leichter Fingerdruck auf die Ohren oder Verschluss derselben mit Wachs begünstigt das Gelingen, ebenso Verschluss der Augen.

Dass auch viele Säugethiere, z. B. Kaninchen und Meerschweinchen, leicht zu hypnotisiren sind, wenn man sie in die Rückenlage bringt und Schall- und Lichtreize fernhält, davon kann sich Jeder ohne Mühe überzeugen. Wenn es bisher noch nicht gelungen ist, Hunde zu hypnotisiren, so liegt das vielleicht nur daran, dass Hunde auch aus dem normalen Schlafe durch den leisesten Reiz aufgescheucht werden.

Allen diesen Thatsachen zum Trotz bleibt B. Danilewsky[1]) bei der Annahme, die Hypnose der Thiere sei der des Menschen analog und werde wie diese durch Suggestion hervorgerufen. Er meint, durch sanftes, aber anhaltendes Fixiren der Thiere in einer unnatürlichen Lage setze sich in ihnen der Gedanke fest, sie könnten nicht widerstehen, und dieser Gedanke der Ruhe wirke einschläfernd.

Es ist also bis auf den heutigen Tag noch Gegenstand der Controverse, ob die Erscheinungen der Hypnose bei den Thieren identisch sind mit der beim Menschen durch Verbalsuggestion hervorgerufenen Hypnose.

Sehr beachtenswerth ist es, dass die Hypnose bei kleinen Kindern, solange sie die Verbalsuggestion noch nicht verstehen, niemals gelingt. Bernheim erklärte auf dem internationalen Congress in Paris 1890: „Chez les enfants, je n'ai jamais produit le sommeil avant l'age de la raison".[2])

Bei älteren Kindern und bei Erwachsenen gelingt die Hypnose häufig durch die reine Verbalsuggestion, durch die blosse Versicherung, man werde einschlafen. Nur unterstützt wird in den meisten Fällen die Verbalsuggestion durch gewisse Manipulationen. Ein sehr erfolgreicher Suggestionstherapeut, Dr. Ewald Hecker[3]), äussert sich über sein Verfahren folgendermaassen:

1) B. Danilewsky, Congrès international de Psychologie physiologique. Première session. Paris 1890. Paris. Bureau des revues. 1890. p. 79.

2) Bernheim, Congrès intern. l. c. p. 77.

3) Ewald Hecker, „Hypnose und Suggestion im Dienste der Heilkunde". Vortrag. Wiesbaden, Bergmann. 1893. S. 8.

„Der Patient sitzt mir gegenüber am besten auf einem etwas bequemen Lehnstuhl. Ich erkläre ihm zunächst, dass es meine Absicht ist, ihn durch meine Worte in einen — durchaus nicht unangenehmen — schlafähnlichen Zustand zu bringen, um in diesem bestimmte Symptome seiner Krankheit zu beseitigen. Ich rathe ihm, meinen Worten ruhig nachzugehen und ohne übertriebene Spannung seine Aufmerksamkeit nur auf das zu richten, was ich sage. Dann lege ich — in der Regel — meine Hand auf die Rückfläche der seinigen und beginne nun in etwas eintönigem Tonfall zu suggeriren: „Sie werden jetzt müde werden — Sie fühlen deutlich, wie eine Müdigkeit und Schwere Ihre Glieder befällt. Ihr Kopf wird schwer, Ihre Augen werden müde. Die Müdigkeit breitet sich immer mehr über Ihren ganzen Körper aus. Sie mögen Ihre Glieder nicht mehr bewegen, alle Muskeln werden schlaff. Sie sind müde, ganz müde. Ihre Augenlider werden immer schwerer, es lastet wie Blei darauf. Sie können die Augen nicht mehr aufhalten. Die Augen fallen Ihnen zu! So! jetzt schlafen Sie. Sie hören alles, was ich spreche. Sie können jetzt die Augen nicht mehr öffnen. Die Augenlider sind fest verklebt!"

Nach Bernheim's Verfahren hält der Hypnotiseur zwei Finger seiner Hand einige Zoll von den Augen des zu Hypnotisirenden entfernt und fordert ihn auf, die zwei Finger anzusehen und womöglich an gar nichts zu denken. Sobald die Augen Zeichen der Müdigkeit erkennen lassen, beginnt die Suggestion des Schlafes. — Es ist also eine Combination der Braid'schen und der Liébeault'schen Methode: Ermüdung der Augen und Suggestion des Schlafes.

Forel[1]) sagt: „Man setzt den Patienten auf den Lehnstuhl, lässt sich von ihm einige Secunden bis eine oder höchstens zwei Minuten in die Augen schauen und erklärt ihm dabei laut und sicher, aber in monotonem Ton, es gehe bei ihm ganz famos, seine Augen seien bereits feucht, seine Lider schwer, er fühle eine angenehme Wärme in den Beinen und Armen. Dann lässt man ihn zwei Finger (Daumen und Zeigefinger) der linken Hand (des Hypnotiseurs) ansehen, die man unmerklich senkt,

1) Forel, l. c. Aufl. 3. S. 146.

damit die Lider folgen. Wenn dann bald die Lider von selbst zufallen, hat man gewonnenes Spiel."

Nach diesen und ähnlichen Methoden gelingt es den geübten Hypnotiseuren, fast alle Personen in hypnotischen Schlaf zu versetzen, vorausgesetzt, dass diese sich dem Verfahren unterwerfen wollen. Gegen seinen Willen kann ein Mensch nur sehr selten hypnotisirt werden. — Ebenso gelingt bei gewissen Geisteskrankheiten die Hypnose sehr schwer. — Bernheim und Forel erklären, dass, wer nicht 80 bis 90 % aller Menschen, die nicht geisteskrank sind, hypnotisiren könne, nicht mitreden dürfe über den Hypnotismus.[1]) Dr. van Renterghem hatte nach seinem Berichte vor dem medicinischen Congresse zu Amsterdam unter 178 Fällen nur 9 Misserfolge, d. h. 5 %. Dr. Wetterstrand in Stockholm konnte von 3148 Patienten blos 97, d. h. 3,1 % nicht hypnotisiren.

Der Grad der Hypnose ist sehr verschieden, sowohl bei verschiedenen Personen, als auch bei derselben Person unter verschiedenen Bedingungen.

Bei geringen Graden ist zwar ein mehr oder weniger fester fester Augenschluss eingetreten, aber nach dem Erwachen bleibt vollständige Erinnerung. Dieser Zustand genügt häufig für die therapeutische Suggestion.

Bei der tieferen Hypnose, dem sogenannten Somnambulismus, hören die Hypnotisirten Alles, was der Hypnotiseur ihnen vorredet, und befolgen Alles, haben aber beim Erwachen keine Erinnerung. Trotzdem führen sie Aufträge, die der Hypnotiseur während der Hypnose ihnen ertheilte — zu sehen, was nicht da ist, nicht zu sehen, was da ist („negative Hallucination"), zu thun, zu fragen, zu empfinden etc. — noch beliebig lange Zeit nach dem Erwachen pünktlich aus, ohne eine Ahnung davon zu haben, dass ihnen dieses suggerirt worden ist.

Zwischen diesen Graden der Hypnose kommen alle denkbaren Uebergänge vor.

Durch Suggestion können Hypnotisirte anästhesirt werden. Es sind bereits sehr schmerzhafte chirurgische Operationen auf diesem Wege schmerzlos ausgeführt worden, z. B. schwierige

1) Forel. l. c. S. 36.

Zahnextractionen[1]), die Entfernung eines Zehengliedes, Incision und Ausräumung eines Thränensackabscesses, eine Tonsillotomie[2]) etc. etc. Es ist gelungen, die Hypnose während einer Geburt einzuleiten und so die Entbindung schmerzlos zu beenden.[3])

Gähnen, Niesen, Erbrechen, Schluchzen können sofort durch Suggestion hervorgerufen werden, ebenso Erröthen und Erblassen, Stuhlgang, Appetit, Beseitigung von Idiosynkrasien der verschiedensten Art.

Es ist bereits gelungen, Anosmie, Blindheit, Farbenblindheit, Doppeltsehen, Taubheit, Unempfindlichkeit für gewisse Geschmackseindrücke zu suggeriren, ferner einen Einfluss auf die Verdauung, die Schweisssecretion, die Menstruation, die Pollution durch Suggestion auszuüben. Es kann sogar die Bildung von Epidermisblasen durch Suggestion bewirkt werden.

Es würde mich viel zu weit führen, auf alle diese Beobachtungen näher einzugehen. Ich verweise auf die fortlaufenden Mittheilungen in der „Zeitschrift für Hypnotismus".[4]) Dort findet sich die Quellenlitteratur genau citirt. Nur auf die zuletzt erwähnte Beobachtung, die Blasenbildung durch Suggestion, will ich etwas näher eingehen, weil diese ganz besonders unglaublich erschien und von vielen Seiten bestritten wurde[5]):

Liébeault[6]) sagt: „Ich experimentirte mit zwei ausgezeichneten Somnambulen, und während 14 Tagen gelang es mir durch den blossen Befehl nicht, während des Schlafes die geringste Hautröthung bei ihnen hervorzubringen; da änderte ich die Methode und nun glückte das Experiment, so oft ich es nur wünschte. Ich bediente mich nämlich eines suggestiven Kniffes, mit dem ich eine plötzliche und heftige Schmerzempfindung erzeugen konnte.

1) Eine schmerzlose Zahnextraction an einem Hypnotisirten war bereits Braid gelungen. James Braid, „Observations on trance and human hybernation". London. Churchhill. 1850. p. 31. Dort findet sich noch eine ganze Reihe von Fällen erfolgreicher Behandlung der verschiedensten Leiden durch Hypnose, darunter auch ein Fall von heftigem Rheumatismus bei Braid selbst.

2) Carter Brothers and Turner, „Lancet". April 5. 1890.

3) Albert Moll, „Der Hypnotismus". Berlin, Kornfeld. 1889. S. 225.

4) „Zeitschrift für Hypnotismus". Bd. I bis X. 1893—1900. Herausgegeben von A. Forel u. O. Vogt. Leipzig, Barth.

5) Eine lehrreiche Kritik der zweifelhaften Fälle findet sich bei v. Schrenck-Notzing, Zeitschr. f. Hypnotismus. Bd. 4. S. 209. 1896.

6) A. A. Liébeault, Zeitschr. f. Hypnotismus. Bd. 3. S. 40. 1894.

Ich befahl ihnen nämlich, sich an einem kalten Ofen — es war im Juli — zu verbrennen. Sobald sie nun nach ihrem Erwachen scheinbar aus Unachtsamkeit den für heiss gehaltenen Ofen berührten, bildete sich an der Hand der einen, an der Berührungsstelle eine lebhafte Röthung, während bei der anderen eine Brandwunde entstand, die in der Folge von einer Exfoliation der Epidermis begleitet war und erst nach einigen Tagen verschwand."

Forel[1]) theilt mit, dass er im Besitze der Photographie eine Hand sei, auf welcher zwei schöne Brandblasen, die eine frisch, die andere bereits welk, zu sehen sind, und unter welche der berühmte Suggestionstherapeut Wetterstrand in Stockholm Folgendes geschrieben hat:

„Zwei Brandblasen durch Suggestion im Somnambulismus entstanden, die eine auf der Mitte der Hand 7. Oct. 1890, die andere auf der Daumenseite, 14. Oct. suggerirt und 15. Oct. photographirt. Beide Brandblasen entstanden 8 Minuten nach erhaltener Suggestion und das Object wurde die ganze Zeit genau controllirt und überwacht."

Sehr auffallend sind die Suggestionen, welche direkt ohne vorhergegangene Hypnose gelingen, die sogenannten „Wachsuggestionen":

Dr. O. Stoll sagte einem Manne, der über den Hypnotismus lächelte, er werde in der folgenden Nacht um 12 Uhr dies und jenes vom Teufel träumen. Der Herr versuchte vergeblich, wach zu bleiben. Kurz vor 12 Uhr schlief er ein und Punkt 12 Uhr erwachte er bei der Episode des suggerirten Traumes, bei der das Erwachen befohlen worden war.[2])

Dr. Barth in Basel konnte kleine Operationen am Rachen etc. schmerzlos ausführen, indem er die Schleimhaut mit einer Kochsalzlösung bepinselte und versicherte, es sei Cocaïn.[3])

Liébeault[4]) sagt: „Ich konnte geistesgesunden, aber naiven Bauern und zwar, ohne dass ich sie jemals eingeschläfert hätte, die heilige Jungfrau lediglich durch eine vorhergehende Versicherung erscheinen lassen. Ja, noch mehr, einem meiner Pa-

---

1) A. Forel, Zeitschr. f. Hypnotismus. Bd. 7. S. 137. 1898. Vgl. Wetterstrand, „Der Hypnotismus". Wien u. Leipzig. 1891. S. 31.

2) Forel, „Der Hypnotismus". Aufl. 3. Stuttgart, Enke. 1895. S. 54.

3) Forel, l. c. S. 88.

4) A. A. Liébeault, Zeitschr. f. Hypnotismus. Bd. 3. S. 38 u. 39. 1894.

tienten, den ich suggestiv behandelte, suggerirte ich im somnambulen Zustand, dass er, dem seine geringen Mittel nur Wasser zu trinken gestatteten, zu Ostern 2 Tage lang beim Mahle alles Wasser in Rothwein verwandelt finden würde. Wie gross war sein Erstaunen, als sich dies Wunder wirklich vor seinen sehenden Augen vollzog. Zärtlich blickte er diesen Göttertrank an, kostete ihn und fand ihn herrlich; voller Freude gab er ihn auch Frau und Tochter zu versuchen, die, vom gleichen Wahn ergriffen, auch ihrerseits das Wasser in Rothwein verwandelt meinten. Und alle drei erquickten sich daran! Und diese Herrlichkeit dauerte 2 Tage!" In diesem letzteren Beispiele handelte es sich bei dem Patienten zwar nicht um Wachsuggestion, wohl aber bei seiner Frau und seiner Tochter.

„Ein anderer meiner Patienten — so fährt Liébeault fort — war auf eine Wiese gegangen, von der man gelegentlich in seiner Gegenwart erzählt hatte, dass sie, sobald man sie von einer nicht näher bezeichneten Stelle aus beträte, nicht wieder verlassen werden könne. Und richtig, als er darauf war, setzte er sich in den Kopf, dass er den verhexten Eingang benutzt habe. Und solchergestalt hielt ihn der Wahn gefangen, dass ihm das Herauskommen schlechterdings unmöglich war. Ja, Gewalt wurde nöthig, um ihn aus seinem Gefängniss zu befreien."

Charcot[1]) sagt, er habe Patienten mit hysterischer Lähmung oder Contractur, denen er selbst den heilenden Glauben nicht hatte beibringen können, nach Wallfahrtsorten geschickt und nach ihrer Rückkehr die Heilung constatirt.

Die Wachsuggestion spielt eine wichtige Rolle auf allen Gebieten des menschlichen Lebens. Die Fähigkeit hervorragender Menschen, Macht über ihre Umgebung, über ganze Völker zu gewinnen, beruht oft zum grössten Theil auf der Gabe suggestiver Beeinflussung. Die ganze Weltgeschichte, insbesondere die Geschichte der Religionen und der Priesterherrschaft muss von diesem Gesichtspunkte aus, vom Standpunkte unserer gegenwärtigen Kenntnisse über die Suggestion revidirt werden. Den Anfang dazu hat Otto Stoll gemacht in seinem bereits erwähnten, interessanten Werke „Suggestion und Hypnotismus in der Völkerpsychologie".

1) J. M. Charcot, „La foi qui guérit". La revue hebdomadaire. Première année. Tome VII. Décembre 1892. p. 131.

Gegen die Lehre, dass in der hypnotischen Therapie ausschliesslich die Verbalsuggestion wirksam sei, machte auf dem Pariser internationalen Psychologencongresse im Jahre 1890 Ochorowicz[1]) die folgenden Beobachtungen geltend. Ein Patient, der von einem Tic convulsif (klonischen Facialiskrampf) befreit sein möchte, wird in hypnotischen Schlaf versetzt. Ochorowicz suggerirt ihm, er werde sein Gesicht nicht mehr verzerren. Das Resultat ist gleich null: sein Tic besteht fort. Aber nach einer Stunde der Hypnotisation ist er geheilt von seiner Schlaflosigkeit, über die er dem Arzte nichts mitgetheilt hatte. — Einem hypnotisirten Hemiplegischen suggerirt Ochorowicz, er könne seinen Arm wieder bewegen. Der Arm bleibt gelähmt. Aber der Patient, der stets an kalten Füssen gelitten hatte, ist von diesem Leiden befreit.

Wenn wir uns nun nach Allem, was wir über die Hypnose kennen gelernt, die Frage vorlegen, was denn eigentlich der Unterschied sei zwischen dem hypnotischen und dem gewöhnlichen Schlafe, so müssen wir bekennen, dass wir uns ein Urtheil darüber nicht bilden können, so lange wir über das Wesen des gewöhnlichen Schlafes noch so herzlich wenig wissen.

Liébeault und Forel[2]) sagen, die Hypnose unterscheide sich vom gewöhnlichen Schlafe nur durch die Verbindung des Hypnotisirten mit dem Hypnotiseur. Der Hypnotisirte hört und versteht alles, was der Hypnotiseur ihm sagt, er antwortet und befolgt, was der Hypnotiseur ihm befiehlt entweder sogleich, noch schlafend oder nach dem Erwachen. Beim normalen Schlaf ist dieses nicht der Fall.

Wenn das wirklich der einzige Unterschied zwischen dem gewöhnlichen und dem hypnotischen Schlafe wäre, so würde für die Thiere jeder Unterschied vollständig wegfallen. Es scheint mir, dass doch wenigstens ein gradueller Unterschied insofern besteht, als der gewöhnliche, normale Schlaf niemals den Grad der Tiefe erreicht, den man häufig beim künstlichen, sogenannten hypnotischen beobachtet. Danilewsky[3]) konnte hypnotisirte

1) Ochorowicz, „Congrès international de Psychologie physiologique. Première session Paris 1890". Paris. Bureau des revues. 1890. p. 74.

2) Forel, l. c. S. 48.

3) B. Danilewsky, „Congrès international de Psychologie physiologique. Première session Paris 1890". Paris. Bureau des revues. 1890. p. 87.

Vögel selbst durch starke mechanische Reize, wie Nadelstiche, nicht wecken oder auch nur zu einer reflectorischen Reaction bringen.

Dass jedoch die Verbindung des Hypnotisirten mit dem Hypnotiseur, der sogenannte Rapport, keine Eigenthümlichkeit des hypnotischen Schlafes ist, scheint daraus hervorzugehen, dass man auch den normal Schlafenden in Rapport mit einer anderen Person setzen kann, und dass umgekehrt beim Hypnotisirten der Rapport sich allmählich verliert. Liébeault[1]) sagt:

„Wenn man den gewöhnlichen Schläfer an irgend einer Stelle berührt und an ihn gleichzeitig erst leise, dann lauter das Wort richtet, fängt er schliesslich an, aufmerksam zu werden und antwortet auf alle Fragen, die man an ihn richtet, ja er wird kataleptisch, ein deutliches Zeichen des sich entwickelnden Rapportes. Umgekehrt hinwiederum hört der Somnambule nach einer gewissen Zeit auf, im Rapport zu sein mit dem Hypnotiseur, sobald er sich selbst überlassen bleibt; in diesem Zustande der Verlassenheit macht er sich allmählich ganz frei von dem letzteren, seine Katalepsie schwindet, und er verliert sich in Träume, von deren Existenz man sich überzeugen kann, wenn man ihn beim Erwachen nach dem fragt, was er im Schlaf dachte."

Auch die „Flexibilitas cerea", die häufig am hypnotisirten Thiere und Menschen beobachtet wird (vgl. oben S. 289), ist keine Eigenthümlichkeit des hypnotischen Schlafes. Sie wird auch beim gewöhnlichen Schlafe, wie beim hypnotischen, als Uebergangsstadium von der Schlaffheit der Muskeln des Schlafenden zur willkürlichen Contractilität der Muskeln des Wachenden beobachtet. Oskar Vogt[2]) sagt: „Hebt man mehrere Male hintereinander den Arm eines tief Schlafenden hoch, so wird er — wenn nicht Erwachen eintritt —, nachdem er anfangs schlaff herabfiel, allmählich kataleptisch."

Heidenhain[3]) hatte anfangs vermuthet, die Hypnose komme wie der normale Schlaf durch Hirnanämie zu Stande. Dagegen sprach aber schon die Thatsache, „dass die meisten Hypnotischen bei voller Ausbildung des Zustandes nicht erblassen,

1) A. A. Liébeault, Zeitschr. f. Hypnotismus. Bd. 3. S. 33. 1894.

2) O. Vogt, Z. f. Hypnotismus. Bd. 3. S. 326. 1895.

3) R. Heidenhain, „Der sogenannte thierische Magnetismus". Vortrag. Leipzig. 1880. S. 32 u. 33.

sondern ein stark geröthetes Antlitz bekommen." Heidenhain veranlasste den Ophthalmologen R. Förster, mit dem Augenspiegel die Netzhaut Hypnotisirter zu untersuchen: sie zeigte „während und nach der Hypnose keine auffällige Verengerung der Gefässe". Wurde durch Amylnitrit Gesichtsröthe hervorgebracht, so gelang dennoch die Hypnose; sie fiel sogar „zweifellos stärker aus als vor und nach der Einathmung des Amylnitrits".

Luys und Bacchi[1]) fanden bei der ophthalmoskopischen Untersuchung des Augenhintergrundes von 9 Hypnotisirten (6 Frauen und 3 Männern) im kataleptischen Zustande die Netzhäute hyperämisch, die Pupillen maximal erweitert und fast lichtstarr, im somnambulen Zustande nahezu die gleiche Blutfülle der Netzhaut und eine etwas beweglichere Pupille.

Eine der wunderbarsten Thatsachen, die das Studium des Hypnotismus aufgedeckt hat, eine Thatsache, deren weitere Verfolgung die werthvollsten Aufschlüsse über die geheimsten Vorgänge des Seelenlebens verspricht, ist die, dass der Hypnotisirte nach dem Erwachen sich alles dessen, was er in der Hypnose gehört, gesprochen, gethan, erlebt hat, nicht mehr erinnert, wohl aber in der nächsten Hypnose und zwar auch dann noch, wenn zwischen der ersten und zweiten Hypnose Jahre verflossen sind. Es wird angegeben, dass selbst nach 13 Jahren in der Hypnose die Erinnerung an das in einer früheren Hypnose Erlebte möglich sei.[2])

Bei dem Versuche, diese interessante Erscheinung zu erklären, stösst man auf analoge Zustände beim spontanen Somnambulismus, bei der Hysterie, bei gewissen Vergiftungspsychosen. Die weitere Verfolgung dieser Erscheinung ist zweifellos von der grössten Tragweite für den Fortschritt der gesammten Psychologie und Psychiatrie. Es würde uns jedoch zu weit führen, wenn wir näher darauf eingehen wollten. Ich verweise daher auf das interessante Werk von Azam[3]) „Hypnotisme et double conscience" und auf die Schrift von v. Schrenck-Notzing[4]) „Ueber Spaltung der Persönlichkeit". Dort findet sich die gesammte Litteratur über diese Frage zusammengestellt und kritisch beleuchtet.

1) Luys et Bacchi, Comptes rendus. T. 109. p. 772. 1889.

2) Albert Moll, „Der Hypnotismus". Berlin, Kornfeld. 1889. S. 88.

3) Azam, „Hypnotisme et double conscience. Origine de leur étude et divers travaux sur des sujets analogues". Paris, Alcan. 1893.

4) Freiherr von Schrenck-Notzing, „Ueber Spaltung der Persönlichkeit (sogenanntes Doppel-Ich)". Wien, Hölder. 1896.

Nur einige merkwürdige Fälle will ich hier kurz mittheilen. Sie mögen dem Anfänger als Anregung dienen, sich eingehend mit dem Gegenstande zu beschäftigen.

Ein schottischer Arzt, Robert Macnish (1802—1837) erzählt in seiner „Philosophy of sleep“[1]) folgenden Fall. Eine gebildete, intelligente junge Dame, die durchaus gesund zu sein schien, verfiel plötzlich ohne vorhergegangene Symptome in einen tiefen Schlaf, der mehrere Stunden länger dauerte als ihr gewöhnlicher Schlaf. Beim Erwachen hatte sie ihr ganzes früheres Leben vergessen; sie kannte kein Wort und kein Ding, sie musste von neuem sprechen, lesen, schreiben und rechnen lernen, machte aber rasche Fortschritte. Alle Personen ihrer Umgebung, ihrer früheren Bekanntschaft waren ihr völlig fremd. Nach einigen Monaten wurde sie wiederum von einem ähnlichen Schlafe befallen, wie der war, welcher ihrem neuen Leben vorausgegangen war. Beim Erwachen befand sie sich genau in dem Zustand wie vor dem ersten Schlafe, besass alle früheren Kenntnisse und Fertigkeiten. Sie hatte aber keine Erinnerung von Allem, was in ihrem zweiten Leben vorgegangen war. Darauf lebte sie 4 Jahre lang abwechselnd die zwei Leben, von denen das eine nie vom anderen etwas wusste. Die beiden Zustände waren stets von einander getrennt durch einen anhaltenden Schlaf. In dem einen Leben hatte sie alle Fähigkeiten und Kenntnisse, die sie von klein auf erworben, in dem zweiten dagegen nur die dürftigen Kenntnisse, die sie sich in den betreffenden Perioden angeeignet hatte. So hatte sie zum Beispiel im ersten Zustande eine sehr schöne Handschrift, im zweiten dagegen die eines Kindes, hässlich und unausgeschrieben.

Macnish hat diesen Fall nicht selbst beobachtet; er beruft sich auf einen Dr. Mitchell und dieser auf einen Dritten: Major Ellicot, Professor der Mathematik an der Militärschule zu West Point in Nordamerika. Die ganze Darstellung würde daher wenig glaubwürdig erscheinen, wenn nicht Azam, Professor der Chirurgie an der Faculté de médecine in Bordeaux und ehemaliger Assistent an einer psychiatrischen Klinik einen ganz ähnlichen

1) Robert Macnish, LL. D., „The philosophy of sleep.“ New Edition. Glasgow and London. W. R. M'Phun & Son (auf dem Titel fehlt die Jahreszahl). p. 113.

Fall selbst beobachtet und genau beschrieben hätte. Ich verzichte auf die Erzählung dieses Falles und verweise auf die interessante und sehr ausführliche Darstellung in dem citirten Werke „Hypnotisme et double conscience" (S. 298). Weitere derartige Fälle beschreiben Osgood[1]) und Gumpertz[2]). In allen Fällen, die Nervenärzte von Fach beobachtet hatten, handelte es sich um psychopathische Personen: Hysterische, Epileptische etc. — Es scheinen zwischen dem gewöhnlichen spontanen Somnambulismus und den Erscheinungen des sogenannten „Doppel-Ich's" alle Uebergänge vorzukommen. Jedenfalls können diese Fälle der „Spaltung der Persönlichkeit" nur im Zusammenhange mit eingehenden und umfassenden psychiatrischen Studien beurtheilt werden.

Den folgenden Fall berichtet der amerikanische Neuropathologe Charles L. Dana[3]), Professor am Darmouth College in New Hampshire. Ein 24jähriger Mann geräth nach einer Leuchtgasvergiftung in einen Zustand von Verfolgungsdelirium. Am achten Tage wird er ruhig, hat aber die Erinnerung an sein früheres Leben verloren, hat einen sehr beschränkten Sprachschatz, erkennt seine Eltern, seine Geschwister und seine Braut nicht, weiss nicht, was Ehe und Heirath ist, kennt keine Buchstaben und Zahlen, zeigt jedoch normale Intelligenz und lernt bald Lesen, Schreiben und Rechnen. Sein Charakter ist derselbe wie im früheren Leben. Drei Monate nach Beginn der Krankheit fühlt er in der einen Hälfte seines Kopfes ein Prickeln, wird schläfrig und schläft ein. Nach ein paar Stunden erwacht er und hat seine Erinnerung völlig wieder: er erinnert sich an alles, was seiner Erkrankung vorausgegangen war; hier hört seine Erinnerung auf; er weiss nichts von diesen drei Monaten seines Lebens, erkennt kein Object, keine Person aus dieser Zeit. Er nimmt seine frühere Beschäftigung wieder auf und ist seitdem völlig normal geblieben. — Aehnliche Erscheinungen sind schon früher bei Kohlenoxydvergiftungen beobachtet worden.

Etwas der Hypnose Aehnliches will man bisweilen auch bei der Alkoholvergiftung beobachtet haben. Es soll vorkommen,

1) Uson Osgood, „Duplex personality". Journ. nerv. and ment. diseases. Sept. 1893.

2) Karl Gumpertz, Berl. klin. Wochenschr. Jahrg. 38. S. 1134. 1901.

3) Charles L. Dana, Psychol. Rev. I. p. 570—580. 1894.

dass ein Trinker sich des im Rausche Erlebten erst im folgenden Rausche wieder erinnert, nicht aber in der Zwischenzeit zwischen den beiden Rauschen. „Der Rath ist nicht so thöricht, den jener Ehemann seiner Frau gab, als sie darüber jammerte, dass er im Wirthshaus den Schlüssel verlegt habe: „Warte nur, bis ich wieder einen Spitz habe, dann werde ich schon wissen, wo das dumme Ding geblieben ist.““[1])

Der folgende Fall wurde im Sommer 1897 in Zürich beobachtet.[2]) Es lebte dort einige Wochen hindurch ein fremder Herr sorglos und in guter Stimmung, kleineren Vergnügungen nachgehend, sehr regelmässig täglich durch dieselben Strassen spazierend, aber ohne irgend einen mündlichen oder brieflichen Verkehr, ohne zu wissen, woher er kommt und wohin er will, in der traumhaften Vorstellung, einen Erholungsaufenthalt zu machen. „Seine Logisgeber schildern ihn als einen ruhigen, ordentlichen Menschen, an dem sie ausser einem sehr zurückhaltenden Benehmen nichts Auffälliges wahrnehmen konnten.“ Eines Tages liest er im Café in der Zeitung, er werde in einer Stadt Australiens gesucht, er sei dort spurlos verschwunden. Er erinnert sich nicht, jemals in Australien gewesen zu sein. Nun kommt ihm der Gedanke, er müsse irrsinnig sein, und er begiebt sich zum Professor der Psychiatrie, Dr. A. Forel. Es wird nun festgestellt, dass acht Monate aus seiner Erinnerung ausgelöscht sind. Die Briefe, die er in dieser Zeit aus Australien geschrieben, werden ihm vorgelegt, aber ohne auch nur eine Spur von Erinnerung zu wecken. Ebensowenig gelingt dieses einem Herrn, mit dem er in Australien viel verkehrt hat, und der sich zufällig in Zürich befand. In der Hypnose aber gelingt es, seine Erinnerung wieder wach zu rufen, zunächst an seine Hinreise nach Australien, dann an seinen Aufenthalt daselbst und schliesslich an seine Rückreise. Er war vom Dengue-Fieber befallen worden und hatte offenbar im Fieberdelirium seine Rückreise nach Europa angetreten ohne einen klar bewussten Zweck. Die Richtigkeit seiner Aussagen in der Hypnose ist durch nachträgliche Angaben bestätigt worden. — Hier haben wir also wieder einen Fall von

1) Max Dessoir, „Das Doppel-Ich“. Leipzig, Günther. 1890. S. 7.
2) Max Naef, „Ein Fall von temporärer totaler, theilweise retrograder Amnesie“. Diss. Zürich 1898.

Doppelbewusstsein: in der Hypnose die Erinnerung, die dem Wachenden fehlt.

Indem ich nun die Betrachtungen über die Hypnose verlasse, möchte ich mich denen anschliessen, die es lebhaft bedauern, dass dieser wichtige Zweig unserer Wissenschaft auf deutschen Hochschulen noch immer vernachlässigt wird. Es wird noch heutzutage wie zur Zeit Mesmer's die therapeutische Anwendung der Suggestion von medicinischen Autoritäten verurtheilt, weil einige Patienten dadurch geschädigt wurden. Forel[1]) bemerkt dazu: „Ich frage, ob ein Arzt, der irgend einer Heilmethode unkundig ist (z. B. der Chirurgie, der Augenheilkunde u. dgl. m.), nicht überall Unheil anstiftet, wenn er, ohne sie gelernt zu haben, darin mit Kranken herumexperimentirt? Und schliesslich, gibt es nicht Stümper in allen Zweigen der Medizin?"

„Dass es Hypnotiseure zweifelhafter Qualität gibt, ist ausserdem deshalb nicht zu verwundern, weil die hohen medizinischen Fakultäten und die hohen Behörden, statt diesen Wissenszweig an den Hochschulen zu pflegen, denselben verfolgen, beschimpfen und in Acht und Bann erklären, ohne ihn geprüft zu haben."

„Wie können aber die Aerzte sich mit den hochwichtigen Functionen des $2^1/_2$—3 Pfund schweren Gehirns, das alle unsere Körperfunctionen so kolossal beherrscht, bekannt machen, wenn Psychologie, Psycho-Physiologie und Hypnotismus im medicinischen Hochschulstudium consequent ignorirt werden, und wenn man fortfährt, infolge seiner Unkenntniss in diesen Gebieten, alle möglichen Krankheitserscheinungen im Magen, im Darm, im Uterus und in allen sonstigen Körpertheilen mit specialistischem oder nicht specialistischem Gehirn falsch zu diagnosticiren und an denselben mit specialistischer oder nicht specialistischer Hand örtlich herum zu curiren, während die autosuggestive Ursache des Uebels in Gehirnmechanismen liegt und nur durch die Einwirkung auf dieselben gehoben werden kann."

1) A. Forel, „Die Hypnose vor der Aerztekammer". Münchner med. Wochenschr. Nr. 32. 1903.

Zwanzigster Vortrag.

Der Winterschlaf.

Die Erscheinungen des Winterschlafes lehren uns auf's Neue, wie unerschöpflich die Mittel der Natur sind, wo es gilt, das Leben zu erhalten. Kann die nöthige Nahrung nicht producirt werden, weil es an Sonnenlicht, an Wasser mangelt, so muss der Stoffwechsel der Thiere reducirt werden; sie müssen sich nach ihrer Decke strecken, um dann später bei günstigeren Bedingungen um so intensiver ihre Lebensfunctionen zu entfalten.

Bei poikilothermen Thieren sieht man die Intensität aller Lebensfunctionen mit der Temperatur zu- und abnehmen. Sie haben die trägen Bewegungen einer Eidechse an kalten Tagen gesehen. Im Winter erstarrt sie im lethargischen Schlafe. Wie lebhaft sind dagegen die Bewegungen desselben Thieres, wenn es am heissen Sommertage auf der brennenden Felswand blitzschnell dahinschiesst (vgl. unten Vortrag 22).

Unter den warmblütigen Thieren gibt es nur wenige Winterschläfer. Von bekannteren Säugethieren nenne ich das Murmelthier, den Hamster, den Siebenschläfer, den Ziesel, die Haselmaus, den Dachs, den Bär, den Igel, die Fledermaus. Unter den Vögeln giebt es keine Winterschläfer. Dieses ist teleologisch erklärlich. Die Vögel können beim Eintritt ungünstiger Lebensbedingungen sofort ihren Aufenthaltsort wechseln.

Der wesentliche Unterschied zwischen einem winterschlafenden Säugethier und einem schlafenden ist der, dass beim schlafenden nur die Hirnfunction auffallend herabgesetzt ist, beim winterschlafenden *alle* Functionen, und zwar so weit, dass das winterschlafende Thier von einem todten oft schwer zu unterscheiden ist. Die Körpertemperatur kann bis unter 0^0 C. sinken. Ich habe selbst einen winterschlafenden Ziesel (Spermophilus gutta-

tus) gesehen, bei dem das Thermometer im Rectum — 0,2° C. zeigte. Ich sah das Thier darauf erwachen und völlig munter werden. Diesen Versuch zeigte mir Al. Horvath im Jahre 1875 in Strassburg. Die Circulation und Athmung sind während des Winterschlafes sehr herabgesetzt; die Circulation stockt bisweilen in ganzen Gefässbezirken und die Athmung kann sogar völlig still stehen. Der französische Arzt Saissy[1]) (1756—1822) in Lyon, dem wir die werthvollsten Versuche über den Winterschlaf aus älterer Zeit verdanken, konnte schlafende Murmelthiere in giftige Gase bringen oder unter Wasser tauchen, ohne dass sie umkamen. Es ist aber nicht blos die äussere Athmung herabgesetzt, sondern auch die innere Athmung, d. h. die Oxydation in den Geweben und die Spaltungsprocesse, denn das Blut bleibt arteriell, trotz der verlangsamten Circulation. Die Reflexerregbarkeit ist sehr herabgesetzt, bisweilen sogar völlig aufgehoben. Durch den grössten Lärm kann man schlafende Ziesel nicht wecken; sie scheinen taub zu sein.

Fragen wir nun nach den Bedingungen des Eintrittes der Lethargie. Gewöhnlich meint man, die eintretende Kälte sei die Ursache. Aber es giebt sogenannte Winterschläfer, die gerade in der wärmsten Jahreszeit schlafen. Der Tanrek auf Madagaskar (Centetes ecaudatus) verkriecht sich während der trockenen Jahreszeit in seine unterirdischen Höhlen und Gänge und verfällt in tiefen „Winterschlaf".

Auch beim Ziesel tritt nach Horvath[2]) der Winterschlaf keineswegs mit der kalten Jahreszeit ein. In Südrussland wimmelt es auf vielen Feldern von Zieseln; sie sind dort eine Landplage, und es bleiben fruchtbare Felder ihretwegen unbebaut. Ein Gutsbesitzer liess deren in einem Jahre 40000 auf seinen Feldern tödten. Diese Thiere erfüllen im Sommer mit den pfeifenden Tönen, die sie ausstossen, die Luft. Im August wird es plötzlich still, obgleich die Temperatur noch bis 30° C. beträgt; die Ziesel

1) Jean-Antoine Saissy, Recherches expérimentales sur la physiologie des animaux mammifères hibernants etc. Lyon 1808.

2) Al. Horvath, „Beitr. z. Lehre über d. Winterschlaf". S. 59. Würzburg. Stahel'sche Buchhandlung. 1878. Dieses Werk ist eine Separatausgabe von 4 Abhandlungen aus den Würzburger „Verhandlungen der physikalisch-med. Gesellschaft". N. F. Bd. 12. S. 139. 1878; Bd. 13. S. 60. 1879; Bd. 14. S. 55. 1880 und Bd. 15. S. 187. 1881.

haben sich in ihre Schlupflöcher verzogen. Diese sind senkrecht und nach Horvath's Beobachtung bis 1 Meter tief — nach anderen Angaben bis 4 Meter. — Dort in der Tiefe beträgt die Temperatur constant circa 15° C. Auch im Winter sinkt dort die Temperatur nicht sehr weit herab; in Südrussland friert der Boden immer nur bis auf „einige Zoll" unter der Oberfläche. Ob die Ziesel continuirlich schlafen oder dazwischen aufwachen und das Futter verzehren, das sie mit in ihre Schlupflöcher nehmen, ist nicht bekannt.

Viele Winterschläfer, die gewöhnlich in der kalten Jahreszeit schlafen, sieht man bisweilen auch in der warmen Jahreszeit in tiefe Lethargie versinken. Es scheint, dass dieses eintritt, wenn sie sich gemästet haben. Forel[1]) hielt sich 2 Siebenschläfer (Myoxus glis) und sah sie, nachdem sie den Winter über im warmen Zimmer mit Nüssen sich aufgemästet hatten, im Mai in lethargischen Schlaf verfallen. Dabei sanken die Körpertemperatur und die Respiration.

Gefangene Ziesel sah Horvath[2]) schon bei 17 und 18° C. einschlafen und fand, dass die für ihren Winterschlaf günstigste Temperatur 10—13° C. ist.

Horvath[3]) bemühte sich ebenso vergeblich wie frühere Forscher, Winterschläfer im Sommer durch Kälte in Winterschlaf zu versetzen. Dabei zeigte es sich aber, dass die Winterschläfer sich ganz anders verhalten als die übrigen Säugethiere. Die Winterschläfer überlebten wiederholte Abkühlungen auf 4—1,2° C., während die übrigen Säugethiere bei 19° bereits umkamen. Man kann diese letzteren, wenn ihr Körper bis zur angegebenen Temperatur abgekühlt ist, nicht mehr durch Erwärmen wiederbeleben, es sei denn, dass künstliche Respiration zu Hülfe kommt. Junge, nicht winterschlafende Thiere dagegen — Hunde — konnte Horvath bis auf 5° C. abkühlen, ohne dass der Tod eintrat.

Das Erwachen aus dem Winterschlafe erfolgt nicht blos durch Steigen der Temperatur in der Umgebung, sondern ebenso durch

1) A. Forel, Revue de l'Hypnotisme. p. 318. 1887.
2) Al. Horvath, l. c. S. 23.
3) Al. Horvath, Würzburger Verhandlungen. N. F. Bd. 15. S. 187. 1881.

allzu grosse Kälte. Horvath[1]) sah winterschlafende Thiere durch strenge Kälte — Temperaturen unter 0° C. — geweckt werden. Dieselbe Angabe hatte bereits Gavarret[2]) gemacht. Er sagt, dass die Winterschläfer schon bei Temperaturen von 0—3° C. geweckt werden und umkommen, wenn sie keine wärmeren Orte finden können.

Eine merkwürdige Erscheinung beim Erwachen der Winterschläfer ist das rasche Steigen der Körpertemperatur. Saissy beobachtete bei einem Murmelthiere während des Schlafes eine Eigenwärme von 5° C. In ein Zimmer von 24° C. gebracht, erwachte es nach 5 Stunden, und hatte jetzt 16° und nach 9 Stunden 35° wie vor dem Einschlafen. Igel erreichen das Maximum ihrer Temperatur in 5—6, Fledermäuse in 3—4, Haselmäuse in 2 Stunden. Ein Ziesel braucht nach Horvath zum völligen Erwachen aus dem Winterschlafe 2—3 Stunden, und dabei kann die Körpertemperatur von 8° auf 32° C. steigen — *in den letzten 40 Minuten von 21° auf 32° C.! Dabei ist die Athemfrequenz nicht über die Norm gesteigert.*

Das ist eine sehr beachtenswerthe Thatsache. Eine genauere Verfolgung der chemischen Processe bei dieser raschen Temperatursteigerung ohne gesteigerte äussere Athmung würde uns einen tiefen Einblick gewähren in die Vorgänge der inneren Athmung. Wie kann sich der Körper des Thieres in 40 Minuten um 11° C. erwärmen? Wir dürfen nicht vergessen, dass der Körper zu 70 % aus Wasser besteht und dass das Wasser eine sehr hohe specifische Wärme hat. Wenn wir ausrechnen, wieviel Nahrung verbrannt werden muss, um diese Wärme zu erzeugen, so kommen wir zu auffallend hohen Zahlen. Wie soll diese Verbrennung in so kurzer Zeit zu Stande kommen, wenn die äussere Athmung nicht gesteigert ist? Es wird uns die Vermuthung nahe gelegt, dass während des Winterschlafes Sauerstoff in lockerer Bindung in den Geweben aufgespeichert wird und im Momente des Erwachens rasch in eine festere Bindung übergeht unter starker Wärmeentwicklung. Für eine solche Annahme

1) Horvath, Beiträge z. Lehre über d. Winterschlaf. S. 222—224. Vergl. M. R. Berninzone, Estratto dal Bolletino della R. Accademia Medica. 1897. p. 8.

2) J. Gavarret, Physique médicale de la chaleur produite par les êtres vivants. Paris 1855. p. 479.

spricht der auffallend niedrige „respiratorische Quotient"[1]) während des Winterschlafes. Regnault und Reiset[2]) fanden bei winterschlafenden Murmelthieren diesen Quotienten = 0,399 bis 0,588. Selbst wenn wir annehmen, dass die Thiere während des Winterschlafes ausschliesslich von ihrem Fettvorrathe zehrten, kann der respiratorische Quotient nicht so niedrig sein. Wir werden deshalb zu dem Schlusse gedrängt, dass Sauerstoff in lockerer Bindung aufgespeichert wurde. Der respiratorische Quotient in der Zeit des Erwachens ist meines Wissens leider nie bestimmt worden.

Fassen wir Alles, was wir über den Winterschlaf der Warmblüter wissen, zusammen, so müssen wir gestehen, dass uns die Ursachen des Einschlafens ebenso räthselhaft sind, wie die des Erwachens. Wir müssen auch hier wie bei so vielen anderen physiologischen Erscheinungen bekennen: der Zweck ist klar, der Grund ist vorläufig noch nicht einzusehen.

Mein verehrter Freund Horvath erzählt am Schlusse eines Vortrages über den Winterschlaf, er habe als Student in Breslau Vorlesungen über Botanik beim Prof. Ferd. Cohn gehört, und dieser habe, wenn er über die „Rose von Jericho" sprach, die Bemerkung gemacht: „Meine Herren, die Rose von Jericho ist erstens keine Rose und zweitens wächst sie niemals bei Jericho." So müsse auch er, Horvath, vom Winterschlaf sagen: Der Winterschlaf ist erstens kein Schlaf und zweitens hat er nichts mit dem Winter zu thun.

In der physiologischen Litteratur begegnet man häufig der Angabe, dass auch beim Menschen ein dem Winterschlafe ähnlicher Zustand sich künstlich herbeiführen lasse. Man beruft sich auf die Erzählungen über indische Fakire, die sich in einem solchen Zustande von Scheintod lebendig begraben und nach Wochen wieder aufwecken lassen. Wenn man diesen Angaben in der Litteratur nachgeht, so führen sie alle zuletzt auf zwei Quellen: James Braid[3]) und N. C. Paul[4]).

1) Ueber den Begriff des respiratorischen Quotienten siehe Bd. II dieses Lehrbuches, Vortrag 25 u. vergleiche Vortrag 21 u. 22.

2) Regnault et Reiset, Ann. d. chim. et phys. (3) LXIX. p. 129. 1863. Vgl. M. S. Pembrey, Jour. of physiol. Vol. 27. p. 66. 1901.

3) James Braid, „Observations on trance or human hybernation". London, Churchhill. 1880.

4) N. C. Paul, G. B. M. C. Sub-Assistant Surgeon, „A treatise on the

Braid sagt, dass er angefangen habe, sich für diese Angaben über den Scheintod der Fakire zu interessiren, seit eine anerkannte medicinische Autorität, Dr. John Cheyne, Professor in Dublin, ihm die folgende Beobachtung über willkürlich herbeigeführten Scheintod mitgetheilt hatte: Der englische Obrist Townsend hatte die Fähigkeit, willkürlich seine Circulation und Respiration zum Stillstand zu bringen und auf circa $^1/_2$ Stunde in Scheintod zu verfallen. Dr. Cheyne, Dr. Baynard und Mr. Skrine waren Zeugen eines solchen willkürlich herbeigeführten Scheintodes; sie konnten keinen Puls und Herzschlag mehr wahrnehmen, ebensowenig Athembewegungen: ein vor den Mund gehaltener kalter Spiegel wurde nicht beschlagen. Die Aerzte fürchteten, er sei todt. Nach einer halben Stunde aber kehrte der Herzschlag langsam zurück und der Körper fing an, sich zu bewegen und zu athmen.

Braid sagt also, seit dieses durch so glaubwürdige Zeugen festgestellt worden sei, habe er auch die Angaben über die Fakire nicht mehr für völlig unglaubwürdig halten können und angefangen, bei zuverlässigen Personen in Indien brieflich Erkundigungen einzuziehen. Diese Erkundigungen sind in dem angeführten Werke zusammengestellt. Die dort erzählten Fälle sind zum Theil identisch mit den in der Schrift von Paul angeführten.

Fakir ist ein arabisches Wort und bedeutet Bettler; es wird auf die indischen Bettler und Gaukler übertragen und zwar insbesondere auf diejenigen Gaukler, welche Anhänger der Yoga-Philosophie sind, die sich den Yoga, d. h. die mystische Vereinigung mit der Gottheit zum Ziele gesetzt hat. Die Fakire werden daher richtiger Yogin genannt. Von diesen wird berichtet, dass sich einige durch lange fortgesetzte Kasteiungen in einen lange anhaltenden Schlaf versetzen, bei dem die Respiration still steht. Sie schliessen sich in eine enge unterirdische Zelle ein, in der eine möglichst gleichmässige Temperatur herrscht, nehmen möglichst wenig Nahrung zu sich, hypnotisiren sich durch Fixiren der eigenen Nasenspitze oder der Stelle zwischen den Augenbrauen. — Es scheint, dass Braid seine Methode des

Yoga Philosophy". Benares 1851. Second edition. 1882. 3 edition. Bombay 1888. Vergleiche H. Walter, „Svatmarama's Hathayogapradipika". Aus dem Sanskrit übersetzt. München. Diss. 1893.

Hypnotisirens (vgl. oben S. 286) von den Yogin gelernt hat. — Schliesslich durchschneiden sie das Frenulum der Zunge und verschlucken die Zunge, so dass sie die Epiglottis verschliesst oder schliessen mit der Zunge die Choanen. Nun soll die Respiration still stehen, und der Yogin wird in einen Sarg eingeschlossen, bisweilen sogar begraben, um nach 4 bis 6 Wochen wieder hervorgeholt und wiederbelebt zu werden.

Solche Bestattungen scheintodter Yogin sind jedenfalls nur sehr selten vorgekommen. Paul sagt im Jahre 1851, dass in den letzten 25 Jahren nur 3 Fälle vorgekommen seien, der eine in Calcutta, der zweite in Jesselmere und der dritte in Lahore. In dem ersten sei er Augenzeuge gewesen. Als Augenzeugen in den beiden anderen Fällen führt er den Dr. Mc. Gregor und einige englische Officiere an. Paul giebt in seiner Beschreibung der drei Fälle nicht an, dass die Scheintodten beerdigt oder sonst irgend wie von der Luft abgesperrt worden seien. Er sagt, sie wurden in eine aus Steinen gebaute Gruft gelegt, die Gruft wurde mit 2 grossen Steinen zugedeckt und — wie Paul glaubt — etwas Erde darauf geschüttet. Unter den von Braid zusammengestellten Fällen dagegen finden sich welche, in denen der Fakir wirklich beerdigt wurde, und zwar ohne Sarg. Es wurden mohamedanische Soldaten als Schildwache am Grabe aufgestellt. Die Mohamedaner haben einen fanatischen Hass gegen die Hindureligion und wollten um jeden Preis zeigen, dass der „heilige Mann“ ein Betrüger sei. Nach einigen Tagen wurde der Fakir herausgegraben und wiederbelebt.

Ich würde diese Fälle nicht erwähnt haben, wenn sie nicht in die physiologische Litteratur übergegangen wären und ohne Kritik und genaue Quellenangabe aus einem Buch in's andere aufgenommen würden. Die Beschreibungen scheinen stark übertrieben zu sein. Jedenfalls handelt es sich um sehr seltene Fälle. Es kann jedenfalls nicht jeder Yogin die Fähigkeit, in Scheintod zu verfallen, erlernen, sondern, wenn überhaupt etwas Wahres an den Erzählungen ist, so handelt es sich um so seltene Fälle, wie der des Obrist Townsend war. Ausserdem aber müssen wir die Möglichkeit noch gelten lassen, dass es sich einfach um Taschenspielerkünste handelt. Ich habe mehrfach Gelegenheit gefunden, englische Aerzte, die aus Indien kamen, zu befragen. Keiner hatte dort jemals etwas von der Beerdigung Scheintodter gehört.

Dagegen theilte mir ein Schweizer Kaufmann, Charles Brenner aus Frauenfeld, welcher längere Zeit in Indien verbracht hatte, Folgendes mit: Im Jahre 1895 wurde auf einem religiösen Feste in der Nähe von Guntakul in der Präsidentschaft Madras ein Fakir um 11 Uhr morgens in eine Grube gesetzt, mit einem Tuch bedeckt und dann mit Erde überschüttet. Um 5 Uhr wurde er ausgegraben und wiederbelebt. Während der ganzen Zeit war eine grosse Schaar von Zuschauern anwesend. Er selbst, Brenner, war bei der Eingrabung und bei der Ausgrabung anwesend. Er sagte mir, solche Beerdigungen kämen nicht häufig vor. Er sei darauf aufmerksam gemacht worden als auf ein seltenes Ereigniss.

Es bleibt uns jetzt nur noch übrig, den Winterschlaf der poikilothermen Thiere, der sogenannten **Kaltblüter**, zu besprechen. Ob der Zustand des Scheintodes, in welchen die poikilothermen Thiere während der strengen Winterkälte verfallen, identisch ist mit dem Winterschlafe der Warmblüter, ist fraglich. Die Lethargie der Kaltblüter tritt ganz allmählich ein. In dem Maasse wie die Temperatur der Umgebung abnimmt, sinkt bekanntlich auch die Körpertemperatur der poikilothermen Thiere, und zugleich werden alle Körperfunctionen immer träger, bis schliesslich der Scheintod eintritt (vgl. Vortr. 22). Bisweilen sieht man dem definitiven Erstarren einen Zustand der Erregung vorausgehen. W. Kochs[1]) beobachtete, dass Frösche und Wasserkäfer, die bei + 1 bis + 2° sich sehr ruhig und träge verhielten, bei —4° sehr erregt wurden; sie sprangen immer fort in die Höhe, die Käfer versuchten fortzufliegen.

Wie weit die Abkühlung gehen kann, ohne dass die Thiere umkommen, ist noch streitig. Man kann Fische und Frösche mit dem umgebenden Wasser zu Eisklumpen gefrieren lassen und sieht sie nach langsamem Aufthauen so weiterleben wie vor dem Versuche[2]). Es scheint aber, dass niemals das ganze Thier bei solchen Versuchen zu einer homogenen starren Masse gefroren war. Man findet, dass sich im Blute und in den Geweben Eis-

1) W. Kochs, Biologisches Centralblatt. Bd. 10. S. 675. 1890. Bd. 11. S. 498. 1891. Bd. 12. S. 332. 1892. Bd. 15. S. 372. 1895.

2) Duméril, Ann. d. sc. nat. T. 17. p. 10. 1852. W. Preyer, „Ueber die Erforschung des Lebens". Jena, Mauke. 1873. S. 28.

krystalle in einer concentrirteren Salzlösung abgeschieden haben.[1]) Deshalb ist sehr langsames Aufthauen bei der Wiederbelebung nothwendig. Schon bei — 2° C. beginnen die Eiskrystalle aufzuthauen. Dabei entstehen Tröpfchen destillirten Wassers, welche, wenn sie zu plötzlich auftreten, die Gewebselemente tödten. —

Die alte Erfahrungsregel, erfrorene Gliedmaassen zunächst in Schnee einzupacken, ist also richtig. —

Das Meerwasser friert erst unter — 3° C. Das gebildete Eis liefert beim Aufthauen süsses Wasser. In dem — 3° C. kalten Wasser leben in den Polarmeeren Fische und andere Meerthiere. Kochs meint, es sei nicht die Kälte, welche die Thiere beim Abkühlen tödtet, sondern Störungen in der Structur des Protoplasma beim Gefrieren[2]): das Wasser der Gewebe krystallisirt aus und die absorbirten Gase scheiden sich in Bläschen ab.

Hugo Roedel[3]) stellt in einer Dissertation die Litteratur über das Erfrieren wirbelloser Thiere zusammen. Die eigenen Versuche ergaben, dass „völlig gefrorene niedere Thiere, die einen Circulationsapparat besitzen, sich nicht wieder beleben". Es kommt beim Erfrieren nicht blos auf die Tiefe der Temperatur an, sondern auch auf die Dauer der Einwirkung. Die niedrigste Temperatur, die nach Roedel's Beobachtung zur Tödtung erforderlich war, betrug — 12° C. 5 Minuten lang bei Musca domestica. Die meisten Thiere kamen bei weniger als — 10° C. um. Bei einigen Krebsen und Würmern genügte das Einfrieren bei 0° C.

Die Regenwürmer sind im Winter 1 bis 3 Meter tief in der Erde in einem lethargischen Zustande; man findet sie dort mehrere neben einander, nicht selten zu Klumpen zusammengeballt.[4])

Bei den Pflanzen sind bekanntlich die Kältegrade, die sie ertragen, auffallend verschieden. Dieser Umstand scheint gegen die Annahme zu sprechen, dass es Zerstörungen in den

1) W. Kochs, Biologisches Centralbl. Bd. 15. S. 372. 1875.

2) W. Kochs, ebend. Bd. 12. S. 335. 1892.

3) Hugo Roedel, „Ueber das vitale Temperaturminimum wirbelloser Thiere". Diss. Halle 1881. Vgl. P. Bakhmetieff Archives des sciences biologiques. St. Petersbourg. T. 8. p. 242. 1901. Dort eine Zusammenstellung der Litteratur.

4) M. Pauly, Der illustrirte Thierfreund. Graz 1896. S. 42 u. 79, referirt im Centralbl. f. Physiologie. Bd. 10. S. 682. 1897.

Geweben bei der Bildung und beim Wiederaufthauen der Eiskrystalle seien, wodurch die Pflanzen in der Kälte absterben. Viele Pflanzen sterben schon bei einer Aussentemperatur von 0° C. bis + 1° C. ab. Der Weinstock bei — 23° C., viele Obstbäume erst unter — 30° C.

Die niedrigsten Temperaturen ertragen gewisse einzellige Wesen, namentlich Bacterien und Pilze.

A. v. Frisch[1]) kühlte Bacterien mittelst fester Kohlensäure auf — 87,5° C. ab und fand, dass sie nach dem Aufthauen ihre Beweglichkeit und Fortpflanzungsfähigkeit bewahrt hatten.

Schuhmacher[2]) fand Hefepilze nach Abkühlung auf — 113° C. noch lebensfähig, ebenso die beigemengten Bacterien.

Pictet und Yung[3]) gelang es mittelst flüssiger schwefliger Säure und Stickoxyduls Bacterien und Pilze bis auf — 130° C. abzukühlen. Sie fanden, dass auch bei dieser Temperatur einzelne leben bleiben, z. B. Milzbrandsporen, während Torula cerevisiae zwar äusserlich unverändert war, aber keine Gährung mehr hervorbringen konnte.

Gewisse niedere Thiere können in den Zustand des Scheintodes auch durch **Eintrocknung** versetzt werden. Anton van Leeuwenhoeck[4]) (1632—1723), der bekannte Entdecker der Infusorien und des Kreislaufes in den Capillaren, hatte bereits beobachtet, dass Infusorien, die 5 Monate trocken und scheinbar todt aufbewahrt worden waren, beim Anfeuchten sich wiederbelebten. Leeuwenhoeck meinte, dass eine impermeabele Haut die Infusorien gegen das Eintrocknen schütze. Aber spätere Forscher[5]) zeigten, dass wirkliche Schrumpfung eintritt, und dass bei der Wiederbelebung die Infusorien aufquellen, wie man unter dem Mikroskope deutlich verfolgen kann.

Auch gewisse Würmer, Nematoden, z. B. Anguillula tritici,

---

1) A. v. Frisch, Sitzungsber. d. Wien. Ac. Abth. III. Bd. 75. 1877.

2) Schumacher, „Beitr. z. Morphologie u. Biologie der Alkoholhefe". Diss. Wien 1874. S. 26.

3) R. Pictet et E. Yung, Comptes rendus. T. 98. p. 747. 1884.

4) Anton van Leeuwenhoeck, „Sendbrieven aan de Heeren van de koninglijke societeit te London en andere geleerde luyden over verscheyde verborgenheden der natuur". Leyden und Delft 1687—1718; lateinisch: Delft 1719.

5) W. Preyer, „Ueb. d. Erforschung des Lebens". Jena, Mauke. 1873. S. 26. Dort ist die Litteratur zusammengestellt.

können, wie ihr Entdecker John T. Needham[1]) (1713—1781) nachwies, jahrelang eingetrocknet, scheinbar bewegungslos aufbewahrt werden und sich dann beim Anfeuchten beleben. In den sogenannten „gichtkranken" Weizenkörnern finden sich die eingetrockneten Jugendformen dieser Nematode. Mit der Aussaat dieser Körper erwachen die scheintodten Würmer in der feuchten Erde, durchbohren die aufgeweichte Hülle und dringen in die aufkeimenden Weizenpflänzchen ein. Sie werden geschlechtsreif, während die Aehre blüht und reift, und legen ihre Eier ab, aus denen die Embryonen auskriechen, so dass sie schliesslich den alleinigen Inhalt der Kerne bilden. H. Baker[2]) sah Anguillulae, die er 1744 von Needham erhalten hatte, 1771 beim Anfeuchten sich wiederbeleben.

Samenkörner können bekanntlich im trockenen Zustande sehr lange aufbewahrt werden, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren. Roggenkörner wurden noch nach 140 Jahren keimfähig gefunden.[3]) Es wird sogar behauptet, dass man Weizenkörner, die bei ägyptischen Mumien gefunden wurden, zum Keimen gebracht habe.[4]) Andere Autoren bestreiten diese Angaben.[5])

W. Kochs[6]) konnte Samenkörner verschiedener Pflanzen 2 Monate lang im Vacuum über Phosphorsäureanhydrid trocknen, ohne dass sie ihre Keimfähigkeit einbüssten. So getrocknete Samen entwickelten keine Kohlensäure mehr, wie spektroskopisch nachgewiesen wurde. Sie hatten also, wie es schien, keinen Stoffwechsel mehr, und doch waren sie nicht todt.

---

1) John T. Needham, Nouvelles découvertes faites avec le Microscope, traduites par A. Trembley. Leide 1747. p. 100.

2) H. Baker, „Beitr. zu nützlichem und vergnügendem Gebrauche und Verbesserung der Mikroskopie". Deutsch aus dem Englischen. Augsburg 1754. S. 327—340.

3) A. P. de Candolle, Pflanzenphysiologie. Deutsch von Röper. Bd. 2, S. 259. 1835.

4) Graf C. v. Sternberg, „Isis". Jahrgang 1836. S. 231.

5) Münter, Regensburger Flora. Bd. 30, S. 478. 1847. L. Wittmack, „Gras und Kleesamen". Berlin 1873. S. 15.

6) W. Kochs, Biologisches Centralblatt. Bd. 10, S. 685. 1890 u. Bd. 12, S. 330. 1892.

Einundzwanzigster Vortrag.

Sympathicus.

Die peripheren Organe, welche vom Gehirn und Rückenmark aus innervirt werden, sind die dem Willen unterworfenen Muskeln und die Sinnesorgane. Die Verbindung dieser Organe mit dem Centralorgan wird immer durch einen einzigen Neuron bewirkt. Die Ganglienzellen dieser Neurone liegen entweder im Centralorgan selbst, wie die motorischen Zellen in den Vorderhörnern des Rückenmarkes und in den primären motorischen Centren des Gehirnes, oder sie liegen ausserhalb wie die Ganglienzellen der Sinnesneurone und senden einen Neuriten in das Centralorgan hinein.

Es giebt nun aber ausserdem in unserem Körper noch zahllose Neurone, die ganz ausserhalb des Gehirnes und Rückenmarkes liegen, die nicht einmal einen Fortsatz in diese Centralorgane eintreten lassen. Diese Neurone bilden das sogenannte sympathische oder vegetative Nervensystem, welches die Functionen der Drüsen und aller dem Willen nicht unterworfenen Muskeln regelt, also der Muskeln des Herzens, der Gefässe, des Darmes, des Uterus, der Ureteren etc.

Die dem Willen nicht unterworfenen Muskeln sind mit alleiniger Ausnahme des Herzmuskels glatte Muskeln. Der Herzmuskel ist bekanntlich quergestreift, aber dennoch mit den Skeletmuskeln nicht identisch. Die Herzmuskelzellen stehen ihrer Entwicklung, ihrem Bau und ihren Functionen nach in der Mitte zwischen den glatten Muskelzellen und den Muskelfasern der Skeletmuskeln: sie haben wie die glatten Muskeln nur einen Kern und sind kürzer als die vielkernigen Skeletmuskelzellen. Die Querstreifung ist bei dem Herzmuskel unvollkommener als bei

den Skeletmuskeln. Das Herz zuckt langsamer als die Skeletmuskeln, aber schneller als die glatten Muskeln. Wie sich die Innervation des quergestreiften Musculus sphincter ani externus verhält, ist noch Gegenstand der Controverse.[1])

Die Ganglienzellen der sympathischen Neurone finden sich an vielen Stellen im Körper in grosser Zahl zusammengehäuft. Diese Zellenhaufen führen den Namen sympathische Ganglien. Solche Ganglien, solche Nervenknoten finden sich bekanntlich, in zwei Reihen angeordnet und durch Verbindungsstränge vereint, vom Kopf bis zum Steissbein an der ventralen Seite der Wirbelsäule herabziehend; sie bilden die sogenannten Grenzstränge. Ausserdem aber finden sich, peripher gelegen, noch Ganglienknoten, von denen der grösste bekanntlich das Sonnengeflecht oder „Bauchhirn" ist, daneben zahllose kleinere, z. B. Millionen in der Darmwand und eingesprengt in die Geflechte, welche die Arterien umspinnen.

Die Ganglienzellen der sympathischen Neurone sind meistens multipolar, d. h. sie haben mehrere Dendriten, in der Regel aber nur einen Neuraxon. Dieser verläuft zum Endorgan: zur Muskelfaser oder zum Drüsengewebe, niemals aber zur Ganglienzelle eines anderen Neurons — wie im Rückenmarke die Pyramidenfasern. — Dagegen gelangen Nervenfasern, die vom Hirn und Rückenmarke kommen — ich erinnere an die Rami communicantes der Rückenmarksnerven — zu den Ganglienzellen der sympathischen Neurone und treten zu diesen in eine ähnliche Beziehung, wie im Rückenmarke die Pyramidenfasern zu den Ganglienzellen der Vorderhörner. Sensible Fasern besitzt nach Kölliker's Lehre das sympathische Nervensystem nicht. Die sensiblen Fasern, die in sympathischen Bahnen verlaufen, gehören den Neuronen an, deren Ganglienzellen in den Spinalganglien sitzen. In den sympathischen Ganglienknoten findet daher nach Kölliker auch kein Reflex statt.

Kölliker's Lehre veranschaulicht das folgende Schema[2]):

1) Siehe über diese Frage L. R. Müller, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkunde. Bd. 21, S. 133 u. 142. 1901.

2) A. Kölliker, Handb. d. Gewebelehre. Aufl. 6. Bd. II. Leipzig, Engelmann. 1896. S. 862. Vgl. auch A. Biedl, Wiener klin. Wochenschr. 1895. Nr. 52.

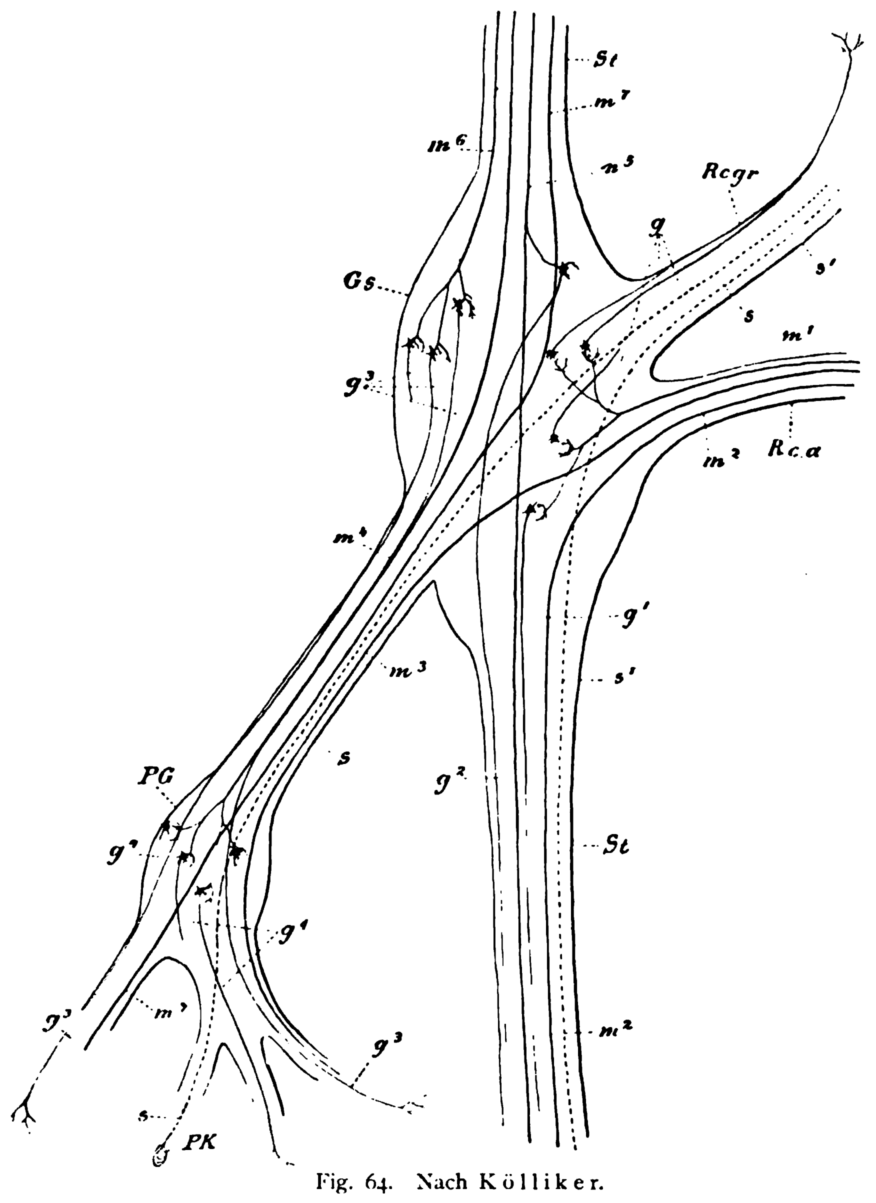


Fig. 64. Nach K ö l l i k e r.

Schema zur Darstellung des Verlaufes der Fasern im *Sympathicus*. *PG* Peripheres Ganglion; *Gs* Ganglion des Grenzstranges; *PK* Pacini'sches Körperchen; *Rca* weisser *Ramus communicans; Rcgr* grauer *Ramus communicans; St* Stamm des Grenzstranges; *g* Ganglienfasern, die im *Ramus communicans griseus* weiter ziehen und in einem *Ramus dorsalis* eines Spinalnerven an *Arrectores pilorum* enden; g^1 Ganglienfasern, die im Grenzstrange weiterziehen; g^2 Ganglienfaser, deren Ganglienzelle von einer Collaterale der Faser m^6 innervirt wird; g^4 Ganglienfasern, deren Zellen von

spinalen im Grenzstrange herunterlaufenden Fasern m^6 innervirt werden und jenseits des peripheren Ganglion enden; g^4 Ganglienfasern, die im peripheren Ganglion entspringen und jenseits desselben enden; m^1 motorische spinale Faser, die im Ganglion selbst endet; m^2 motorische spinale Faser, die im Grenzstrange weiter zieht; m^3 motorische spinale Faser, die vom *Ramus communicans albus* des Grenzstrangganglions kommt, dieses und das periphere Ganglion durchsetzt und weiter in kleineren Ganglien endet; m^4 motorische spinale Faser, die im Grenzstrange herunterläuft, das Grenzstrangganglion durchsetzt und in dem peripheren Ganglion endet; m^5 motorische spinale Faser, die im Grenzstrange herunterläuft, im Grenzstrangganglion eine Collaterale abgiebt, die um eine Zelle endet; m^6 motorische spinale Faser, die im Grenzstrange herunterläuft, und im Grenzstrangganglion endet; m^7 motorische spinale Faser, die im Grenzstrange herunterläuft, das periphere Ganglion durchsetzt und weiter in kleineren Ganglien endet; *s* sensible Cerebrospinalfaser, die jenseits beider Ganglien in einem Pacini'schen Körperchen *Pk* endet resp. beginnt; s^1 sensible Cerebrospinalfaser, die im Grenzstrange weiterläuft. Punktirte Linien = den sensiblen cerebrospinalen Fasern. Durchgehende schwarze Linien = den cerebrospinalen motorischen Fasern I. Ordnung *(Praeganglionic fibres Langley)*. Rothe Sterne und Linien = sympathische Ganglienzellen und Ganglienfasern *(Postganglionic fibres Langley)*.

Dass die Neurone des Gehirns und Rückenmarks auf die Neurone des Sympathicus einen Einfluss ausüben, ist aus vielen Beispielen bekannt; ich erinnere erstens an die Functionen des Herzens: diese werden ja allerdings zunächst durch sympathische Neurone geregelt. Daher schlägt bekanntlich auch das ausgeschnittene Herz noch fort. Aber die sympathischen Neurone des Herzens werden durch die von der Medulla oblongata und dem Halsmarke kommenden Fasern beeinflusst: die Rami accelerantes und die Hemmungsfasern des Vagus (vgl. das Capitel über die Innervation des Herzens im Band II).

Zweitens erinnere ich an die Contractionen der glatten Muskeln in den Gefässwandungen. Auch diese werden zunächst von sympathischen Neuronen geregelt, aber zugleich beeinflusst durch Fasern, die durch die Rami communicantes aus dem Rückenmarke zum Sympathicus gelangen. Die Reizung dieser Fasern bewirkt Contraction der Gefässmusculatur. Ausserdem aber gelangen auch gefässerweiternde Fasern zu den sympathischen Neuronen der Blutgefässe. Ich erinnere an die Wirkung der Facialisfasern, die mit der Chorda tympani zum Ganglion submaxillare gelangen, welches ein sympathisches Ganglion ist. Ein zweites Beispiel sind die Nervi erigentes, deren Reizung Erweiterung der Blutgefässe in den Corpora cavernosa bewirkt (vgl. das Capitel über die Innervation der Gefässe im Band II).

Um zu beweisen, dass die Herz- und Gefässmuskeln vom Gehirn aus beeinflusst werden, bedarf es übrigens keiner physiologischen Experimente. Die tägliche Beobachtung lehrt, dass psychische Affecte die Herzthätigkeit beeinflussen und die Weite der Blutgefässe alteriren. Ich erinnere an das Erblassen beim Schreck und das Erröthen vor Scham.

Ebenso bekannt ist der Einfluss, den psychische Affecte auf

die Darmmusculatur ausüben, die plötzliche Steigerung der Darmperistaltik durch Schreck und Angst, ferner der Einfluss auf die Musculi arrectores pilorum[1]), die Gänsehaut, die durch Schreck und Schauder hervorgebracht wird, schliesslich der Einfluss des Willens auf die glatten Muskelfasern der Iris und der Ciliarmuskeln. Der bewusste Entschluss, einen nahen Gegenstand zu fixiren, bewirkt Contraction der Irismuskeln und der Ciliarmuskeln (vgl. Vortrag 8).

Wir wissen, dass der Willensimpuls zunächst durch die Oculomotoriusfasern auf das Ganglion ciliare übertragen wird. Dieses Ganglion ist ein sympathisches Ganglion. Hier umspinnen die Endbäumchen der Oculomotoriusfasern die sympathischen Ganglienzellen, von denen die Fasern zu den glatten Muskeln der Iris und des Corpus ciliare verlaufen. Das ist erstens anatomisch nachgewiesen durch Michel und Kölliker, zweitens durch das Experiment: Apolant[2]) durchschnitt bei jungen Katzen den Oculomotorius an der Hirnbasis und fand nach 8—14 Tagen die Degeneration der Oculomotoriusfasern immer nur bis zu den Zellen des Ganglion ciliare fortgeschritten, niemals darüber hinaus. Dort beginnen also neue Neurone, deren Fasern zum Ciliarmuskel und zum Sphincter pupillae ziehen. Bei der Beeinflussung eines glatten Muskels durch den bewussten Willen kommt also ein Neuron mehr in's Spiel, als bei der Beeinflussung eines quergestreiften Muskels (vgl. Vortrag 14).

Wie das Hirn auf die Thätigkeit der glatten Muskeln indirect einen Einfluss ausübt, indem die Hirn- und Rückenmarksnerven die sympathischen Neurone beeinflussen, so wirkt das Hirn indirect auch auf diejenigen sympathischen Neurone, welche die Thätigkeit der Drüsen regeln. Die bekanntesten Beispiele sind die Beeinflussung der Schweiss-, Thränen- und Harnsecretion durch rein psychische Affecte, die vermehrte Speichelsecretion beim blossen Durchmustern einer Speisekarte etc.

Der Einfluss des Gehirnes und Rückenmarkes auf alle Theile des sympathischen Nervensystems steht also durch sehr viele Thatsachen fest. Auf der anderen Seite aber lässt es sich auf experi-

1) Die neuesten Untersuchungen hierüber sind von J. N. Langley, Proceed. Roy. Soc. Vol. 52. p. 547. 1892. Philos. Transact. Vol. 183. B. p. 85. 1892. Journ. of physiology. Vol. 15. p. 176. 1893.

2) Apolant, Verhandl. d. physiol. Ges. zu Berlin. 24. Jan. 1896. S. 27.

mentellem Wege zeigen, dass die sympathischen Neurone auch ganz selbständig fungiren können, dass sie die Thätigkeit der von ihnen innervirten Organe reguliren können ohne Mitwirkung des Gehirnes und Rückenmarkes. Solche Versuche sind an Warmblütern schwer ausführbar, sehr leicht dagegen an Kaltblütern. Mein verehrter Lehrer Fr. Bidder[1]) (1810—1894) hat bereits im Jahre 1844 Versuche am Frosche veröffentlicht, aus denen hervorgeht, dass bei diesem Thiere nach Zerstörung des Gehirnes und Rückenmarkes die Functionen der vom Sympathicus innervirten Organe noch lange Zeit fortbestehen. Wurden das Gehirn und das Rückenmark gleichzeitig zerstört mit alleiniger Schonung der Medulla oblongata, so blieben die Athembewegungen erhalten und die Frösche lebten 5 Tage. Wurde auch die Medulla oblongata zerstört, so lebten sie bis in den zweiten Tag hinein. Während dieser Zeit war die Circulation erhalten, wie man an der Schwimmhaut unter dem Mikroskope beobachten konnte. Die Darmmusculatur reagirte auf mechanische Reize: auf den Druck der Pincette erfolgte eine ringförmige Einschnürung auch zur Zeit, als die Skeletmuskeln nicht mehr erregbar waren. Die Harnblase fand man enorm ausgedehnt, es hatte also — so schliesst Bidder[2]) — Drüsenthätigkeit stattgehabt.

In neuester Zeit ist es gelungen, ähnliche Versuche auch am Warmblüter durchzuführen. Goltz und Ewald[3]) haben Hunden das Rückenmark mit alleiniger Schonung des Halsmarkes exstirpirt und die so operirten Thiere Jahre hindurch am Leben erhalten. Das Halsmark musste geschont werden, weil von dort aus die Respirationsmuskeln innervirt werden, und es vorläufig nicht als durchführbar erscheint, die rückenmarklosen Hunde durch künstliche Respiration längere Zeit zu erhalten. Aber auch bei Erhaltung des Halsmarkes war nach Entfernung des übrigen Rückenmarkes das Gefässsystem im grösseren Theile des Kör-

1) Fr. Bidder, Briefliche Mittheilung an A. W. Volkmann, Müller's Archiv. Jahrg. 1844. S. 359.

2) Die Richtigkeit dieses Schlusses muss ich bezweifeln. Der Inhalt der Blase beim Frosche ist wahrscheinlich kein Harn. Die Ureteren münden nicht in die Blase. Es scheint, dass die Blase die Bedeutung eines Flüssigkeitsreservoirs hat, dass sie bei feuchtem Wetter oder beim Aufenthalt im Wasser sich füllt, um später bei trockenem Wetter den Körper feucht zu erhalten.

3) Goltz u. Ewald, Pflüger's Arch. Bd. 63, S. 362. 1896. Vgl. L. R. Müller, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. Bd. 21, S. 86. 1901.

pers dem Einflusse des Gehirnes und Rückenmarkes entzogen, seine Thätigkeit wurde nur noch durch den Sympathicus geregelt. Dasselbe galt von fast allen Baucheingeweiden, von der Darmmusculatur, von fast allen Drüsen und von den Geschlechtsorganen. Nur vorübergehend traten Störungen in den Functionen der genannten Organe ein, die aber allmählich schwanden.

So war anfangs in Folge der Lähmung der Gefässmuskeln die Wärmeregulirung in hohem Grade gestört. Die Thiere mussten daher längere Zeit in einem Wärmekasten gehalten werden. Darauf aber, „nach einigen Wochen", hatten die Gefässe die Fähigkeit wiedererlangt, sich der Temperatur entsprechend zu contrahiren und zu dilatiren, und die Hunde behaupteten ausserhalb des Wärmekastens ihre normale Temperatur. Sehr grosse Temperaturschwankungen, meinen Goltz und Ewald, hätten die operirten Thiere jedoch nicht ertragen. Sie hatten daher nicht riskirt, die Hunde einer Temperatur unter 0° C. auszusetzen. Denn die Thiere hatten zwei Hauptmittel gegen die Kälte eingebüsst: die Fähigkeit, sich zusammenzukauern, einzurollen und die Fähigkeit zu zittern.

Die Verdauung ging regelmässig vor sich. Die Darmmusculatur war also nicht gelähmt und die Verdauungsdrüsen fungirten.

Der Sphincter ani externus, bekanntlich ein quergestreifter Muskel, war anfangs nach der Operation ganz erschlafft und gelähmt; der After war klaffend geöffnet. Allmählich aber erlangte der Sphincter den normalen Tonus wieder und sogar die Fähigkeit, sich rhythmisch zu contrahiren auf Reize, die vom Darminhalte auszugehen schienen.[1])

Die Blase musste anfangs nach Exstirpation des Lendenmarkes künstlich durch Druck auf die Bauchwand entleert werden, später aber fungirte sie normal.

Was nun die Geschlechtsfunctionen betrifft, so hatte Goltz schon früher mitgetheilt[2]), dass eine Hündin nach

1) Vgl. L. R. Müller. l. c. S. 133 u. 142. Müller gelangt zu der Annahme, dass bei seinen Versuchshunden nach Exstirpation des Lendenmarkes der quergestreifte Musculus sphincter ani externus definitiv gelähmt ist, dass nur die glatte Musculatur des Sphincter ani internus den Schluss bewirkt, und der gelähmte Sphincter ani externus bloss passiv mitcontrahirt wird.

2) Goltz u. Freusberg, Pflüger's Arch. Bd. 9, S. 552. 1874.

Durchschneidung des Rückenmarks am ersten Brustwirbel befruchtet worden war und ein Junges zur Welt gebracht hatte. Zwei andere Junge waren todt und mussten künstlich extrahirt werden. Die Hündin ging nach zwei Tagen an Peritonitis zu Grunde in Folge einer eiterigen Perforation der Vagina. Das lebende Junge wurde von einer anderen Hündin gesäugt und entwickelte sich gut.

Merkwürdig war der Zusammenhang zwischen dem Genitalapparate der Hündin und dem Gehirne trotz der Durchtrennung des Rückenmarkes. Vor dem Eintreten der Brunst — Schwellung der Genitalien — hatte die Hündin jeden Hund, der sich ihr nähern wollte, wüthend angeknurrt. Während der Brunst liess sie sich alle Liebesbezeugungen von zwei Hunden gefallen. Die Begattung wurde möglich, indem ihr Körper gestützt wurde. Sie verrieth durch keine Zeichen, dass sie eine Empfindung dabei hatte. Nach der Geburt verzehrte sie die Nachgeburt und zwar nicht blos die des lebenden Jungen, sondern auch die der „todtfaulen" und beleckte alle drei. Gegen das lebende war sie sehr zärtlich und liess es saugen, obgleich sie krank war und keine Nahrung aufnahm. Goltz meint, der Zusammenhang zwischen Hirn und Genitalien sei durch das Blut vermittelt worden. Mir scheint es, dass wir an den Vagus denken müssen.

Was nun den Hund mit exstirpirtem Rückenmark betrifft, so schien eine Begattung unmöglich. Wohl aber hat Goltz beobachtet, dass eine Hündin, die bereits trächtig war, nach Durchschneidung des Rückenmarkes am dritten Brustwirbel und Exstirpation des Lenden- und Kreuzmarkes 5 Junge warf und eines davon — 4 wurden getödtet — säugte.[1])

Die glatte Musculatur des Uterus wird bekanntlich innervirt von dem Plexus uterinus, der von den sympathischen Plexus hypogastrici inferiores stammt. „Die in das Gewebe des Uterus eindringenden Fortsetzungen dieses Geflechtes führen zahlreiche Ganglien. Diese sind ebenso viele Bewegungscentren des Uterus und machen es verständlich, dass Frauen im bewusstlosen Zustande, ja selbst als Leichen, geboren haben. Der letzte Fall dieser Art ereignete sich in Spanien während des letzten Bürgerkrieges, wo eine schwangere Frau, von den Carlisten gehängt,

1) Goltz u. Ewald, l. c. S. 386.

vier Stunden nach ihrem Tode am Galgen gebar!"[1]) Diese Contractionen der Uterusmusculatur nach Unterbrechung der Circulation sind offenbar den Erstickungskrämpfen der Skeletmusculatur analog, mit dem Unterschiede, dass die glatte Musculatur langsamer abstirbt als die quergestreifte. (Vgl. d. Capitel über die Innervation der Athmungsorgane im Bande II.)

An männlichen Hunden wurde nach Exstirpation des Lendenmarkes beobachtet, dass die reflectorische Erectio penis in der ersten Zeit nach der Operation nicht möglich war, sich aber später wieder einstellte.[2])

Wir sehen also aus allen angeführten Erscheinungen, dass der Sympathicus, wenn er dem Einflusse der grossen Nervencentren entzogen wird, anfangs nicht im Stande ist, allein die Thätigkeit der von ihm innervirten Organe zu regeln, allmählich aber diese Fähigkeit der selbständigen und unabhängigen Function erlangt. Goltz citirt den Ausspruch des Philosophen Rosenkranz: „Wenn die Sonne des Gehirnes untergeht, geht der Mond des Sympathicus auf." Passender ist das von Goltz selbst gebrauchte Bild, der Vergleich mit der Staatsorganisation, der Central- und Localverwaltung. Jede Erschütterung der Centralregierung macht sich bis in die entferntesten Provinzen fühlbar. Nach einiger Zeit aber übernimmt eine vom Staate losgetrennte Provinz selbst auch den Theil der Verwaltung, der bis dahin von der Centralregierung ausgeübt wurde, und der ganze Verwaltungsmechanismus kommt wieder in Gang.

Wir haben in unseren bisherigen Betrachtungen nur von einer Beeinflussung des Sympathicus von den grossen Nervencentren her gesprochen. Es fragt sich: werden auch umgekehrt das Gehirn und Rückenmark vom Sympathicus beeinflusst? Mit anderen Worten: giebt es sensible Sympathicusfasern, die zum Hirne leiten? Oder, um beim Bilde zu bleiben: gelangen die Wünsche und Klagen der Provinz vor das Forum der Centralregierung?

---

1) Hyrtl, Lehrb. d. Anatomie. Aufl. 12. Wien 1873. S. 863. Von neueren Arbeiten über die Innervation der Eingeweide vergleiche W. H. Gaskell, Proceedings of the physiol. society of London. I. Fbr. 14. 1885. Journal of Physiol. Vol. 6. p. 1. 1885 u. Vol. 7. p. 1. 1886.

2) Vergl. L. R. Müller, l. c. S. 124—126.

Es scheint, dass unser Bewusstsein unter normalen Bedingungen über die Vorgänge in den vom Sympathicus innervirten Organen nichts erfährt. Wir haben in der Norm kaum eine Empfindung von den Vorgängen in den Drüsen, in dem Darme, in den Blutgefässen, von irgend welchen thermischen oder mechanischen Veränderungen darin. Nur unter pathologischen Bedingungen dringt von diesen Theilen her eine Schmerzempfindung in unser Bewusstsein. (Vgl. oben S. 19.) Eine Ausnahme bilden blos die Wehen bei den Uteruscontractionen, die als normaler Vorgang betrachtet werden können. Kölliker ist der Ansicht, dass alle diese Schmerzempfindungen vermittelt werden durch Rückenmarksnerven, durch Fasern, die ununterbrochen von den Ganglienzellen der Spinalganglien zu den peripheren Endorganen verlaufen. Kölliker leugnet, wie erwähnt, die Existenz irgend welcher centripetal leitender sympathischer Neurone, somit auch aller Reflexe in den sympathischen Centren. Mir scheint dieser Annahme die Thatsache zu widersprechen, dass nach Exstirpation des Rückenmarkes der Sympathicus allein die Functionen der vegetativen Organe regulirt. Ohne Reflexvorgänge ist eine solche Regulirung schwer denkbar. Auch war nach Exstirpation des Lendenmarkes thatsächlich ein Reflexvorgang nachweisbar, die reflectorische Erectio penis. Zur Vertheidigung der Ansicht Kölliker's könnte man sich noch auf den Vagus berufen. Wir wissen nicht genau, bis zu welchen Organen sich die Fasern dieses Nerven erstrecken.

Als weiterer Beweis für das Zustandekommen von Reflexen in sympathischen Ganglien wird folgendes Experiment geltend gemacht. Alle Nerven, die zur Pankreasdrüse eines Hundes gehen, werden durchschnitten. Darauf wird die Duodenalschleimhaut mit Salzsäure gereizt. Sofort tritt eine vermehrte Abscheidung von Pankreassaft ein.[1])

Unter abnormen Bedingungen gewinnen in seltenen Fällen einzelne Individuen die Fähigkeit, willkürlich auch solche sympathische Nerven zu erregen, die in der Norm nicht dem Willen unterworfen sind. S. S. Maxwell[2]) berichtet über einen

1) E. Wertheimer et Lepage, Arch. de physiologie et de pathol. génér. 1901. p. 335, 363, 689, 708. L. Popielski, Pfl. Arch. Bd. 82, S. 215. 1901.

2) S. S. Maxwell, American journal of Physiology. Vol. 7. p. 369. 1902.

jungen Mann, der in seinem 12. Lebensjahre an sich die Fähigkeit entdeckt hatte, willkürlich die Arrectores pilorum zu contrahiren und eine Gänsehaut hervorzubringen. Dieser junge Mann war kyphotisch, harthörig — in Folge überstandener Masern — und rothblind. Im Uebrigen war sein Gesundheitszustand gut, und man konnte ihn nicht als nervenleidend bezeichnen. Die Gänsehaut rief er nicht indirect hervor, indem er sich etwa zunächst ein Kältegefühl vorstellte oder eine haarsträubende Scene, sondern einfach dadurch, dass er die Gänsehaut direct wollte, ganz so, wie man willkürlich einen Skeletmuskel contrahirt. Die Erhebung der Haare sah man eintreten 2—10 Secunden, nachdem sich der Wille darauf gerichtet hatte, und ebenso prompt gingen die Härchen in die Ruhelage zurück, sobald der Beschluss gefasst war. Zugleich mit der Contraction der Arrectores wurde eine Contraction der Vasoconstrictores an den kleinen Blutgefässen der Haut beobachtet, die namentlich an den Ohren deutlich erkennbar war, und eine Erweiterung der Pupillen. Auch traten gewöhnlich Aenderungen der Respirationsbewegungen ein.

Hierher gehört auch der bereits erwähnte merkwürdige Fall des Obrist Townsend, der willkürlich sein Herz zum Stillstand bringen konnte (vergl. oben S. 308). Es gehören hierher ferner die seltenen Fälle, in denen Hysterische, sogenannte Stigmatisirte[1]) die Fähigkeit erlangen, willkürlich gewisse vasomotorische Nerven zu beeinflussen und Blutungen hervorzurufen. Eine Besprechung dieser Erscheinungen muss ich der Pathologie überlassen.

1) Eine Zusammenstellung der Beobachtungen an Stigmatisirten mit genauem Quellennachweis findet sich in dem bereits citirten Werke von Otto Stoll, „Suggestion u. Hypnotismus in der Völkerpsychologie". Aufl. 2. Leipzig, Veit & Comp. 1904. S. 521—542.

Zweiundzwanzigster Vortrag.

Allgemeine Muskel- und Nervenphysiologie.

Bei unseren Betrachtungen über die Functionen des Nervensystems waren wir ausgegangen von den Sinnesorganen. Wir haben gesehen, wie durch Vermittelung der Sinne die Vorgänge der Aussenwelt auf das centrale Nervensystem einwirken und wie von den Centren aus die Reaction auf die Eindrücke der Aussenwelt erfolgt, sei es unbewusst durch Reflexe oder bewusst durch willkürliche Bewegungen, in jedem Falle aber in letzter Instanz durch die Thätigkeit der **Muskeln.** Es bleibt uns jetzt also nur noch übrig, die Functionen des Muskels genauer kennen zu lernen.

Die Function des Muskels wird gewöhnlich als Contraction bezeichnet. Dieser Name ist unpassend gewählt. Denn unter Contraction, Zusammenziehung, versteht man doch wohl eine Verkleinerung des Volumen. Eine solche lässt sich nicht nachweisen. Die genauesten Versuche zur Entscheidung dieser Frage hat J. R. Ewald[1]) angestellt:

In eine, mit capillarer Steigröhre versehene pyknometerartige Flasche, die mit ausgekochter 0,6procentiger Kochsalzlösung gefüllt ist, wird ein unter ausgekochter Salzlösung präparirter Froschgastrocnemius gebracht und durch eingeschmolzene elektrische Leitungsdrähte in „Contraction" versetzt. *Das Niveau in der Capillare sinkt nicht.* Das Niveau wurde mit dem Mikroskope beobachtet, und eine Volumveränderung von blos 0,00006 Cubikmillimetern wäre noch nachweisbar gewesen.

---

1) J. R. Ewald, Pflüger's Archiv. Bd. 41, S. 215. 1887. Dort findet sich eine eingehende Kritik der sehr zahlreichen älteren Versuche, die zu widersprechenden Resultaten geführt hatten.

Es tritt somit bei der sogenannten Contraction keine Volumveränderung ein. Wir wissen also nur so viel, dass der Muskel bei seiner Thätigkeit die Form verändert. Diese Fähigkeit, die Form zu ändern, ist keine Eigenthümlichkeit des Muskelzelle. Es scheint, dass das Protoplasma jeder Zelle diese Fähigkeit besitzt. Am auffallendsten sieht man diese Erscheinung bekanntlich an den einzelligen nackten Organismen, den Amöben, ferner an den Leukocyten, an den Spermatozoën, den Flimmerzellen. Ich erinnere ferner an die bekannten Protoplasmabewegungen in den Zellen der Staubfadenhaare der Tradescantia. Im lebenden pflanzlichen und thierischen Organismus haben wir uns keine Zelle als starren Baustein zu denken. Es ist wahrscheinlich jede activer Bewegung fähig. Auch das Muskelgewebe besteht aus Zellen. An den glatten Muskeln lässt sich das unmittelbar erkennen. Dass auch die quergestreiften Muskeln aus Zellen bestehen, lehrt die Entwicklung. Gewisse Zellen des mittleren Keimblattes wachsen in die Länge unter starker Vermehrung ihrer Kerne. Die Zellenmembran wandelt sich in das Sarkolemm der Muskelfaser um. So entstehen die Fasern der Skeletmuskeln, die eine Länge bis zu 12 cm erreichen. Die quergestreiften Herzmuskelzellen sind bekanntlich kürzer und haben nur einen, höchstens zwei Kerne. Ueber die Bedeutung der Querstreifung[1]), des optischen Ausdruckes der Gruppirung verschieden lichtbrechender, unbekannter Stoffe wissen wir nichts Sicheres. Unter pathologischen Bedingungen kann die Querstreifung schwinden, ohne dass die Function des Muskels wesentlich verändert wird. (Vgl. oben S. 9 und 233.) Das Eigenthümliche an der Protoplasmabewegung der Muskelzellen besteht nur darin, dass ihnen nach dem Principe der Arbeitstheilung im Organismus immer nur eine Bewegung in einer einzigen, ganz bestimmten Richtung zugewiesen ist, und dass viele dieser Zellen stets in der gleichen Richtung zusammenwirken. Zu dem Zwecke hat die Muskelzelle eine langgestreckte Form, und die active Formveränderung besteht immer in einer Verkürzung der Längsaxe und entsprechenden Ver-

1) Eine Zusammenstellung der sehr zahlreichen Arbeiten über diesen Gegenstand mit genauer Quellenangabe findet man bei Victor v. Ebner, „Untersuchungen über die Ursachen der Anisotropie organisirter Substanzen". Leipzig, Engelmann. 1882.

längerung der Queraxen. Diese Formveränderung vollzieht sich in kurzer Zeit, und äussere Hindernisse, die sich ihr entgegenstellen, können überwunden werden; der Muskel „leistet mechanische Arbeit".

Die Quelle dieser Arbeitsleistung, die eigentliche Ursache der Formveränderung, die „Ursache im engeren Sinne" (vgl. Bd. II, Vortr. 3), ist die im Muskel verbrauchte chemische Spannkraft (vgl. Bd. II, Vortr. 30). Den Anstoss zur Umsetzung der chemischen Spannkraft in die Muskelarbeit giebt in der Norm ein noch gänzlich unbekannter Bewegungsvorgang, der sogenannte „Erregungsprocess", welcher durch die motorischen Nerven dem Muskel zugeführt wird.

Der Erregungsprocess im Nerven, welcher als „Reiz" auf den Muskel wirkt, erhält seinerseits in der Norm wiederum einen Anstoss, einen „Reiz" von den Nervencentren aus. Künstlich, unter abnormen Verhältnissen dagegen kann der Reiz von jedem Punkte im Verlaufe des Nerven den Erregungsprocess auslösen. Wirksame künstliche Reize sind nach den bisherigen Erfahrungen:

1. Mechanische Reize. Schneiden, Quetschen, Zerren erregen den Nerven und überhaupt mechanische Eingriffe aller Art, falls sie nur genügend plötzlich stattfinden.

2. Thermische Reize. Als solche wirken nur sehr plötzliche und erhebliche Temperaturveränderungen, z. B. Berühren der Nerven mit einer glühenden Nadel.

3. Chemische Reize. Als besonders wirksam haben sich concentrirte Salzlösungen und Glycerin erwiesen. Sie wirken vielleicht durch Wasserentziehung.

4. Elektrische Reize. Die an der Verkürzung des zugehörigen Muskels erkennbare Erregung der motorischen Nerven durch einen constanten Strom erfolgt in der Regel nur im Moment der Schliessung und Oeffnung.

Man hat gehofft, in die Natur des „Erregungsprocesses" im Nerven einen Einblick zu gewinnen durch Bestimmung der Geschwindigkeit, mit der dieser Process im Nerven fortschreitet.

Helmholtz[1]) führte diese Bestimmung zunächst am motorischen Froschnerven folgendermaassen aus.

Man präparirt einen Froschgastrocnemius mit dem Ischiadicus heraus und reizt den Nerven das eine Mal möglichst nahe am Muskel, das zweite Mal möglichst weit vom Muskel am centralen Ende des Nerven und bestimmt in beiden Fällen die Zeit, welche zwischen der Einwirkung des Reizes und dem Beginn der Muskelbewegung verfliesst, durch graphische Registrirung. Diese Zeit ist in dem ersteren Falle kürzer als in dem letzteren. Die Differenz ist die Zeit, welche der Erregungsprocess im Nerven braucht, um von der zweiten Stelle des Reizes zur ersten Stelle zu gelangen.

Auf diese Weise findet man, dass der Erregungsprocess im ausgeschnittenen Froschnerven 27 Meter in der Secunde zurücklegt. Bei niedriger Temperatur ist die Geschwindigkeit geringer.

Beim Menschen bestimmten Helmholtz und Baxt[2]) die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im motorischen Nerven, indem sie die Verdickung der Daumenballenmuskeln bei der Zuckung graphisch registrirten und den zugehörigen Nervus medianus das eine Mal dicht am Handgelenk reizten, das andere Mal am Oberarm. Sie fanden auf diese Weise im Mittel 34 M. pro Secunde.

Versuche über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den sensiblen Nerven des Menschen ergaben sehr verschiedene Resultate. Diese Versuche konnten nur in der Weise ausgeführt werden, dass die Zeit bestimmt wurde, die zwischen der Reizung eines sensiblen Nerven und der bewussten Reaction auf den Reiz verging.[3]) Es wurde nach der Reizung einer dem Gehirn näheren

1) Helmholtz, Monatsbericht der Berliner Ac. 1850. S. 14. Müller's Arch. 1850; S. 71, 276. 1852. S. 199. Eine Bestätigung der Ergebnisse von Helmholtz lieferten Marey, Gaz. méd. d. Paris. 1866. S. 124 und „Du Mouvement dans les fonctions de la vie". p. 429. Paris 1868. Lamansky, Studien des physiol. Inst. zu Breslau. IV. S. 240. 1868. Bernstein, Centralbl. f. d. med. W. 1866. S. 593. Pflüger's Arch. Bd. I. S. 173. 1868 und „Untersuchungen üb. d. Erregungsvorgang etc." Heidelberg 1871.

2) Helmholtz u. Baxt, Monatsber. d. Berliner Ac. 1867. S. 228 u. 1870. S. 184. Eine Bestätigung der Ergebnisse lieferten T. Place, Pflüger's Arch. Bd. III. S. 424. 1870 und Andere.

3) Helmholtz, Königsberger naturwiss. Unterhalt. Bd. II. Heft 2. Königsberg 1851. Die Versuche wurden wiederholt von A. Hirsch, Mole-

und einer entfernteren Stelle desselben sensiblen Nerven die zum Bewusstsein gelangte Empfindung signalisirt und registrirt. Aus der Differenz der beiden Bestimmungen wurde die Leitungsgeschwindigkeit berechnet. Die Resultate schwankten zwischen 26 M. und 225 M.

Die Methode ist natürlich mit vielen Fehlerquellen behaftet, weil die bewusste Reaction eine verschieden lange Zeit erfordert, je nach dem Grade der Aufmerksamkeit und je nach anderen momentanen psychischen Zuständen. Es liegt daher vorläufig kein zwingender Grund vor, für die Leitung im sensiblen Nerven eine andere Geschwindigkeit anzunehmen als für die im motorischen.

Bei wirbellosen Thieren wurden viel niedrigere Werthe für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Nerven gefunden. Fick[1]) schätzte die Geschwindigkeit bei der Teichmuschel, Anodonta, auf nur ca. 1 Cm. pro Secunde. Für die Scheeren-Nerven des Hummers fanden Frédéricq und Vandevelde[2]) 6—12 M. je nach der Jahreszeit. An dem Mantelnerven einer Cephalopodenart, Eledone moschata, fand Uexküll[3]) nur $1/2$—1 M. pro Secunde.

Durchschneidet man einen Nerven und fügt darauf sofort die Schnittflächen wieder möglichst genau aneinander, so ist die Leitung unterbrochen. Man kann durch Reize aller Art oberhalb des Schnittes den unterhalb befindlichen Muskel nicht mehr zur Zuckung bringen. Der Erregungsvorgang pflanzt sich also nur durch das continuirliche Protoplasma des Axencylinders fort. Dadurch wird es sehr wahrscheinlich, dass die Erregung auch nicht von einem Axencylinder auf den benachbarten im gleichen Nerven

---

schott's Unt. Bd. IX. S. 183. 1864. R. Schelske, Du Bois' Archiv. 1864. S. 151. F. Kohlrausch, Jahresber. des physikalischen Vereines zu Frankfurt a. M. 1864—65. S. 60. Zeitschr. f. rat. Med. (3). Bd. 28, S. 190. 1866; Bd. 31, S. 410. 1868. De Jaager, De physiologische tijd bij psychische processen. Utrecht 1865. Donders, Nederl. Arch. f. Geneesk. Bd. I. p. 518. 1865; Bd. IV. p. 117. 1868. Arch. f. An. u. Physiol. 1868. S. 657. v. Wittich, Zeitschr. für rat. Med. (3) Bd. 31, S. 87. 1868.

1) A. Fick, Beitr. z. vergl. Physiol. d. irritablen Substanzen. Braunschweig 1863. S. 66.

2) L. Frédéricq et G. Vandevelde, Bulletins de l'Acad. royale de Belgique. 2 Ser. T. XLVII. No. 6. 1879. Compt. rend. XCI. p. 239.

3) J. von Uexküll, Z. f. Biol. Bd. 30. S. 317. 1894.

übergehen kann. Denn hier findet nicht nur keine Continuität des Protoplasma statt, sondern es liegen noch die Markscheiden und die Schwann'schen Scheiden dazwischen. Die **isolirte Leitung jedes einzelnen Axencylinders** lässt sich an den sensiblen Nerven durch die feine Localisation der Tast- und Gesichtseindrücke direct demonstriren. Das Zustandekommen dieser Localisation ist ohne isolirte Leitung nicht gut erklärlich. Ja, wir müssen sogar *eine isolirte Leitung nicht blos für jeden Axencylinder annehmen, sondern auch für alle einzelnen Fibrillen*, die den Axencylinder zusammensetzen und die sowohl peripher als auch central sich aufsplittern.

Wie ich bereits andeutete, verhält sich der Nervenreiz zum Erregungsprocess nicht wie die Ursache im engeren Sinne zur Wirkung. Der Reiz ist nur die auslösende Kraft, der Anstoss. Die Ursache im engeren Sinne bilden die chemischen Spannkräfte, die im Nerven aufgespeichert sind. Der Reiz giebt den Anstoss zur Umsetzung dieser Spannkräfte in die unbekannte Bewegung, den sogenannten Erregungsvorgang, der im Axencylinder sich fortpflanzt, im motorischen Nerven bis zum Muskel, im sensiblen bis zum Centralorgan. Wäre der Reiz die Ursache im engeren Sinne, so müssten wir die höchst unwahrscheinliche Annahme machen, dass der Bewegungsvorgang, der das Wesen des Reizes ausmacht, sich wellenförmig durch den Axencylinder fortpflanze bis zum Muskel und zum Centralorgan. Die leiseste Berührung der Fussspitze kommt im Gehirn zum Bewusstsein. Es ist nicht glaublich, dass die schwache Wellenbewegung den weiten Weg zurücklege und noch eine merkliche Wirkung hervorbringe. Wir müssen daher annehmen, dass auf dem ganzen Wege beständig neue Kräfte ausgelöst werden. Die Menge der dem Nerven zur Verfügung stehenden chemischen Spannkräfte kann nicht ganz unbedeutend sein, weil der Nerv nicht ermüdet. Man denke nur an heftige Schmerzen, die Tage lang anhalten und von demselben Körpertheile ausgehen, also durch dieselben Nerven dem Hirn zugeführt werden. Man könnte annehmen, der Nerv werde durch die Blutcirculation ununterbrochen mit Nahrung versorgt. Lenhossek[1]) vertritt in der That die Meinung, dass die Nerven-

1) Lenhossek, „Der feinere Bau des Nervensystems etc." Aufl. 2. Berlin 1895. S. 111.

bündel starke eigene Blutgefässe haben, und beruft sich darauf, dass bei peripheren Embolien oder Thrombosen Anästhesien und Lähmungen, also Functionsstörungen der Nerven des betroffenen Gliedes vorkommen. Man kann aber auch die längere ununterbrochene Thätigkeit der Nerven aus einer Aufspeicherung grösserer Nahrungsvorräthe erklären. Als eine solche Vorrathskammer von chemischen Spannkräften betrachtet man die Markscheide der Nervenfaser. Es erklärt sich daraus die Thatsache, dass auch der von der Blutzufuhr abgeschlossene, der ausgeschnittene Nerv noch viele Male gereizt werden kann, ohne zu ermüden. Es würde sich daraus ferner die — allerdings noch nicht sichergestellte — Vermuthung erklären, dass beim Neugeborenen nur die Nerven fungiren, die bereits mit Markscheiden versehen sind (vgl. oben S. 212—214). — Auf der anderen Seite dürfen wir nicht vergessen, dass der Verbrauch von chemischer Spannkraft im Nerven nicht sehr gross zu sein braucht, weil die daraus resultirende lebendige Kraft ja immer nur als Auslösung für die Umsetzungen in anderen Organen dient.

Alle diese Annahmen über die Vorgänge im Nerven sind nur Vermuthungen. Etwas Sicheres wissen wir nicht. Und ebensowenig wie über den Erregungsprocess im Nerven lässt sich über die Vorgänge im thätigen Muskel etwas Bestimmtes aussagen. Solange wir über die chemische Zusammensetzung der Muskelzelle noch so gut wie gar nichts wissen, können wir nicht einmal zu einer fruchtbaren Fragestellung in Bezug auf die chemischen Processe im Muskel und die damit zusammenhängenden physikalischen Vorgänge bei seiner Thätigkeit gelangen. Nichtsdestoweniger hat sich eine ganze Reihe hervorragender Physiologen[1])

---

1) Alfonso Borrelli, De motu animalium. Romae 1680. Eduard Weber, „Muskelbewegung". R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. 1846. Bd. III, Abth. 2. S. 1. H. Helmholtz, Müller's Arch. 1850. S, 276; 1852. S. 199. Ber. d. Berliner Ac. 1854 u. 1855. Adolf Fick, „Beitr. z. Physiol. der contractilen Substanzen". Braunschweig 1863. „Unters. üb. Muskelarbeit". Basel 1867. „Ueber die Abhängigkeit des Stoffumsatzes im tetanisirten Muskel von seiner Spannung". Pflüger's Arch. Bd. 57. S. 65. 1894. „Arbeitsleistung des Muskels durch seine Verdickung". Verhandlungen. der physik.-med. Gesellschaft zu Würzburg. N. F. Bd. 29, S. 255. 1895. R. Heidenhain, „Mechanische Leistung, Wärmeentwicklung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit". Leipzig 1864. J. von Kries, Arch. f. An. u. Physiol. 1880. S. 348. 1885. S. 67; 1888. S. 537; 1892. S. 1; 1895. S. 142.

bemüht, durch rein physikalische Untersuchungen eine Erklärung für das Zustandekommen der Muskelfunction zu finden. Diese Untersuchungen sind gewiss von hohem Werthe, weil sie zu sehr exacten quantitativen Bestimmungen geführt haben. Zuverlässige quantitative Bestimmungen sind niemals werthlos. Sie werden auch in der Muskelphysiologie über kurz oder lang zu einer fruchtbaren Fragestellung verwerthet werden und zu befriedigenden Erklärungen einen Beitrag liefern. Vorläufig aber handelt es sich meist um zusammenhangslose Thatsachen, die nur den Specialisten auf diesem Gebiete interessiren können. Deshalb verzichte ich auf ein eingehendes Referat der sehr umfangreichen Litteratur und verweise auf die werthvollen Originalarbeiten. Nur einige der wichtigsten Ergebnisse theile ich in Folgendem mit.

Wenn ein einmaliger, momentaner Reiz den Muskelnerven trifft, so erfolgt eine einmalige, rasch vorübergehende Verkürzung, eine sogenannte „**Zuckung**".[1]) Mit der Intensität des Reizes wächst die Grösse der Verkürzung bis zu einem gewissen Maximum, über welches hinaus keine grössere Verkürzung mehr eintritt. Die maximale Verkürzung des Muskels bei der „Zuckung" beträgt beim Froschmuskel $^1/_5$ seiner Länge. Das heisst, der Muskel verkürzt sich auf $^4/_5$ der Länge, die er in der Ruhe einnimmt.

Treffen mehrere Einzelreize den Muskel, so schnell nach einander, dass das Reizintervall kürzer ist als eine einzelne Zuckung, so entsteht eine dauernde Verkürzung des Muskels, ein sogenannter **Tetanus**. Der Tetanus kommt am Froschmuskel bei Zimmertemperatur zu Stande, sobald wenigstens 20 Reize in der

---

Th. W. Engelmann, „Ueb. d. Ursprung der Muskelkraft". Aufl. 2. Leipzig 1893. Vgl. auch die Kritik dieser Arbeit von A. Fick, Pflüger's Arch. Bd. 53. S. 605. 1893 u. Bd. 54. S. 313. 1893.

1) Die vielfachen Apparate, welche zur graphischen Darstellung des zeitlichen Verlaufes der Muskelzuckungen dienen, die „Myographien", findet jeder Student Gelegenheit, in den Vorlesungen zu sehen. Ich übergehe deshalb hier die Abbildung und Beschreibung und verweise auf die Originalarbeiten. Das Myographion von Helmholtz findet sich beschrieben in Müller's Archiv 1850. S. 276. Die Vervollkommnungen des Apparates durch E. J. Marey finden sich in dessen Werke: „Du mouvement dans les fonctions de la vie. Paris 1868 und „La méthode graphique dans les sciences expérimentales". Paris, Masson. 1884. Das Myographion von Fick findet sich beschrieben in der Vierteljahrsschrift der naturforsch. Ges. in Zürich. 1862. S. 307. Vergl. auch Pflüger's Arch. Bd. 4. S. 301. 1871.

Secunde ihn treffen. Die tetanische Verkürzung kann bis $^4/_5$ der Muskellänge betragen; der Muskel verkürzt sich auf $^1/_5$ seiner Länge. Wird der Muskel belastet, so ist die Verkürzung geringer, um so geringer, je grösser die Belastung.

Die einmalige Verkürzung, die „Zuckung", wird am Skeletmuskel nur bei seiner künstlichen Erregung beobachtet. Die normale Function des Skeletmuskels scheint eine tetanische zu sein. Nur der Herzmuskel verrichtet unter normalen Verhältnissen blos Zuckungen und kann auch künstlich nicht tetanisirt werden.

Dass die normalen Functionen der Skeletmuskeln tetanischer Natur seien, schliesst man daraus, dass die Dauerverkürzung oft Schwankungen zeigt, welche ihre Entstehung durch Summation von Einzelzuckungen andeuten. Man kann diese Schwankungen bei der willkürlichen Muskelverkürzung durch graphische Registrirung der Verdickungen zur Anschauung bringen. Man findet so 8—10 Oscillationen in der Secunde. Es wird dadurch wahrscheinlich, dass die normale Contraction der Skeletmuskeln ausgelöst wird durch eine Reihe von einzelnen Impulsen, die von den Nervencentren ausgehen. Dafür spricht auch die bekannte Erscheinung, dass eine angestrengte Muskelspannung das Glied, auf welches sie wirkt, sichtbar erzittern macht.

Man hat ferner für die tetanische Natur der Muskelzuckungen den „Muskelton"[1]) geltend gemacht. Setzt man einen künstlich gereizten Muskel durch einen Schallleiter mit dem Ohr in Verbindung, so hört man einen Ton, dessen Höhe, dessen Schwingungszahl der Zahl der Reize entspricht. Beim willkürlich contrahirten Muskel hört man einen Ton, welcher 19 Schwingungen in der Secunde entspricht.[2]) Es ist aber fraglich, ob dieser Ton durch eine tetanische Contraction hervorgerufen wird. Denn auch bei der Einzelzuckung hört man Töne.

In unseren bisherigen Betrachtungen war immer nur von einer Erregung des Muskels vom Nerven aus die Rede. Es lässt sich

---

1) W. H. Wollaston, Philosophical Transactions of the Royal Soc. 1810.

2) Helmholtz, Monatsber. d. Berliner Ac. 1864. S. 307. Du Bois' Arch. 1864. S. 766. Verhandl. d. naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg. IV. S. 88. 1867. Vgl. Bernstein, Pflüger's Arch. Bd. 11, S. 191. 1875 und v. Kries, Du Bois' Arch. 1886. Suppl.

aber zeigen, dass der Muskel auch **direct,** ohne Vermittelung des Nerven zur **Contraction** gebracht werden kann. Es ist dieses schon a priori wahrscheinlich, weil, soweit unsere Kenntniss reicht, das Protoplasma jeder Zelle reizbar und contractil ist. Ich erinnere nur an die Bewegungen der niederen Thiere, die gar keine Nerven haben. Der strenge Nachweis einer directen Reizbarkeit des Muskels stiess aber auf grosse Schwierigkeiten, und es ist ein langer Streit darüber geführt worden.

Zwar lässt sich leicht zeigen, dass der ausgeschnittene Muskel durch mechanische, chemische, elektrische Reize, die direct auf ihn einwirken, zur Contraction gebracht wird. Aber es bleibt stets der Einwand offen, dass die Verzweigungen der motorischen Nervenfasern im Muskel zunächst von den Reizen betroffen wurden, und dass erst durch Vermittelung dieser gereizten Nervenenden der Muskel zur Contraction gelange. Der strenge Beweis für die directe Reizbarkeit konnte erst erbracht werden durch die folgenden Thatsachen:

1. Das Ammoniak reizt die Nervenfaser nicht, wohl aber den Muskel.

2. Am Froschsartorius breitet sich die Nervenfaser, wie die mikroskopische Untersuchung lehrt, nur in der Mitte des Muskels aus; die beiden Enden des Muskels sind nervenfrei. Dennoch tritt auf Reizung eines Endes Erregung des Muskels ein.

3. Es gelingt, am lebenden Thiere einen Muskel nervenfrei zu machen, indem man den motorischen Nerven durchschneidet. In Folge dessen degeneriren alle peripheren Zweige desselben. Ein solcher nervenfrei gemachter Muskel kann noch direct durch elektrische Reizung zur Contraction gebracht werden. Unter pathologischen Bedingungen wird auch am Menschen dasselbe beobachtet.

4. Eine zweite Methode, die Nervenfunction zu eliminiren, besteht in der Vergiftung mit **Curare.** Dieses Gift lähmt die Nervenenden, nicht aber den Muskel.

Da das Curare bei vielfachen physiologischen Experimenten Anwendung findet, so will ich bei dieser Gelegenheit auf die Wirkungen dieses Giftes etwas näher eingehen.

Das südamerikanische Pfeilgift Curare wird aus gewissen Strychnosarten bereitet und enthält ca. 4 % einer amorphen, in Wasser leicht löslichen Substanz von gelblicher Farbe, die Cu-

rarin genannt wird. Das Curarin reagirt neutral, verbindet sich nicht mit Säuren und zersetzt sich beim blossen Eindampfen mit Wasser.[1]) Eine Elementaranalyse des Curarin ist noch nicht gemacht worden.

0,014 Milligr. Curarin oder die entsprechende Menge Curare einem Frosche unter die Haut gespritzt, machen das Thier vollkommen bewegungslos.[2]) Dabei schlägt das Herz kräftig weiter. In diesem Zustande können die Frösche 1—3 Tage leben, nach welcher Zeit das Gift durch den Harn ausgeschieden ist und vollständige Erholung eintritt.[3]) Ist die injicirte Menge grösser, so dauert der Zustand der Bewegungslosigkeit noch länger, bis zu 16 Tagen. Aber selbst nach dieser langen Zeit können die Thiere sich wieder erholen, wenn die Ausscheidung des Giftes durch die Nieren vollendet ist.

Auch bei Säugethieren genügen sehr kleine Mengen Curare, nach subcutaner Injection vollständige Bewegungslosigkeit hervorzubringen. Vom Magen aus kann man Säugethiere schwer vergiften, weil das Gift sehr rasch durch die Nieren eliminirt wird. Unterbindet man aber die Nieren, so stellen sich die Vergiftungserscheinungen nach Einführung in den Magen ebenso rasch ein, wie nach subcutaner Injection. Da das Curare auch die Athembewegung aufhebt, so können curaresirte Warmblüter nur durch künstliche Respiration am Leben erhalten werden. Dann aber bleiben Herzthätigkeit und Blutdruck nahezu normal.

Der Beweis dafür, dass das Curare nicht die Muskeln selbst lähmt, sondern nur die motorischen Nervenenden, ist folgender.[4])

---

1) Die neuesten Untersuchungen über den wirksamen Bestandtheil des Curare hat R. Boehm ausgeführt: Beiträge zur Physiologie zu Ludwig's 70. Geburtstage. S. 173. 1886.

2) J. Tillie (Böhm's Laboratorium), Arch. f. exper. Pathol. Bd. 27, S. 1. 1890.

3) F. Bidder, Du Bois' Arch. 1868. S. 598.

4) Die wichtigsten Arbeiten über die Wirkung des Curare auf die Skeletmuskeln und die motorischen Nerven sind: Bernard et Pelouze, Comptes rendus. T. 31. p. 533. 1850. Bernard, C. r. T. 43. p. 824. 1856. Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses. Paris 1857. p. 238, 305 et 463. Kölliker, Verhandl. d. physik.-med. Ges. zu Würzburg vom 29. März u. 12. April 1856. Bd. VII, Heft 2. Comptes rendus. T. 43. p. 791. 1856 Virchow's Arch. Bd. 10. S. 3 u. 235. 1856. Pelikan, Virchow's Arch. Bd. 11, S. 401. 1857. Pelikan u. Kölliker, Verhandl. d. physik. med. Ges. zu Würzburg. 1858. Bd. 9, S. 66. Kuehne, Monatsber. d. kgl.

Sämmtliche Skeletmuskeln können beim curaresirten Thiere direct elektrisch erregt werden, nicht aber von den Nerven aus. Dass nun nicht die Leitung in den Nerven aufgehoben ist, geht aus folgendem Versuche hervor.

Man unterbindet einem Frosche die Schenkelarterie dicht über dem Kniegelenke und vergiftet ihn darauf mit Curare. Reizt man jetzt den Ischiadicus in der Beckengegend, so zucken die Muskeln des Unterschenkels und des Fusses, nicht aber die des Oberschenkels. Reizt man die Haut an irgend einer Stelle des Körpers, so zucken gleichfalls nur die Muskeln des einen unterbundenen Unterschenkels. Die sensiblen Nerven und die nervösen Centralorgane sind also — wenigstens im Anfange des Versuches — nicht gelähmt. Die Muskeln sind von der Peripherie aus durch das circulirende Blut ausser Function gesetzt. Da die Muskeln selbst direct erregbar sind, nicht aber von den Nerven aus, und da die Nerven leiten, so bleibt nur die Annahme übrig, dass die Nervenenden gelähmt sind. Noch deutlicher geht dies aus dem folgenden Versuche hervor:

Legt man von einem sogenannten „Froschpräparate" oder „Nervenmuskelpräparate" — d. h. einem herauspräparirten Froschgastrocnemius mit Ischiadicus — nur den Nerven in eine Curarelösung, so bleibt der Muskel vom Nerven aus erregbar; taucht man nun auch den Muskel in die Curarelösung, so wird der Muskel vom Nerven aus unerregbar, wohl aber bleibt er direct erregbar.

Viele der niederen Wirbelthiere, insbesondere die Knorpelfische und viele wirbellose Thiere, sind gegen das Curare weit unempfindlicher als die Frösche und die Warmblüter; sie bedürfen weit grösserer Mengen des Giftes, um gelähmt zu werden.[1]) Insecten sollen sogar ganz immun gegen Curare sein.[2])

preuss. Ac. d. W. zu Berlin. 1860. Jan. Du Bois' Arch. 1860. S. 477. Festschrift des nat.-med. Vereins. Heidelberg 1886. S. 77. Was die Wirkung des Curare auf das Herz, die glatten Muskeln und die nervösen Centralorgane betrifft, so kann ich hier nicht darauf eingehen und verweise auf die Handbücher der Toxicologie.

1) Eine Zusammenstellung der sehr umfangreichen Litteratur über diese Frage findet sich in „Dr. Karl Sachs, Untersuchungen am Zitteraal, Gymnotus electricus, nach seinem Tode bearbeitet von Emil Du Bois Reymond mit zwei Abhandlungen von Gustav Fritsch". Leipzig, Veit & Comp. 1881. S. 194—197.

2) Alex. Foettinger, Archives de Biologie. 1886. Tome I. p, 292.

Die directe Reizbarkeit des Muskelprotoplasma ist somit nach allen diesen Versuchen kaum mehr zu bezweifeln.

Ich will nun von den sehr umfangreichen physikalischen Untersuchungen am Muskel und Nerven nur noch einige wichtige Ergebnisse der quantitativen Bestimmungen hervorheben:

Einen beachtenswerthen Einfluss auf die Thätigkeit sowohl der Nerven als auch der Muskeln übt die **Temperatur** aus. Der Froschmuskel ist erregbar innerhalb der Temperaturen -4^0 und $+40^0$ C. und zwar um so erregbarer, je höher die Temperatur. Wird er auf mehr als 40^0 C. erwärmt, so tritt eine anhaltende Contraction ein, die schliesslich in „Wärmestarre" übergeht, welche mit der Todtenstarre identisch zu sein scheint. Beim Warmblüter tritt die Wärmestarre erst bei ca. 45^0 C. ein. Die einzelne Muskelzuckung verläuft innerhalb der erwähnten Grenzen (-4 bis $+40^0$ C.) um so rascher, je höher die Temperatur ist. Am Nerven wurde festgestellt, dass Temperaturen über 45^0 C. und unter 0^0 C. die Erregbarkeit und Leitungsfähigkeit aufheben, dass aber innerhalb dieser Grenzen sowohl die Erregbarkeit als auch die Leitungsfähigkeit mit der Temperatur steigt.

Welche hohe Bedeutung dieser Einfluss der Temperatur auf den zeitlichen Verlauf der Muskel- und Nervenfunction für den gesammten Lebensprocess hat, kann man an poikilothermen Thieren deutlich erkennen. Man beobachte doch nur eine Eidechse bei warmem Wetter, im directen Sonnenlichte, an einer heissen Felsenwand, wie sie rasch auf jeden Reiz reagirt, wie sie pfeilschnell entflieht, und vergleiche damit die trägen Bewegungen desselben Thieres an einem kalten Tage. „Die furchtbare Riesenschlange wird halberstarrt in der Kiste des fahrenden Schlangenbändigers ein ungefährlicher Popanz und gewinnt erst in den wohl geheizten Käfigen unserer zoologischen Sammlungen ihre erstaunliche Gewandtheit und Kraft wieder. Wir wissen, dass im Hamburger zoologischen Garten kein erfahrener Wärter eine solche Schlange anzufassen wagt, ohne die sonst auf 30^0 erwärmten Käfige vorher auskühlen zu lassen."[1]) Man wird daraus auch sofort ersehen, welche wichtige Bedeutung die constant hohe Temperatur der Säugethiere und Vögel hat. Nur dadurch sind

1) L. Krehl u. F. Soetbeer, „Unt. üb. d. Wärmeökonomie der poikilothermen Wirbelthiere". Pflüger's Arch. Bd. 77, S. 23. 1899.

wir im Stande, zu jeder Zeit alle Nerven- und Muskelfunctionen in ihrer vollen Intensität spielen zu lassen. Die höhere Körpertemperatur der Warmblüter wird bekanntlich hervorgebracht durch den intensiveren Stoffwechsel. Was aber den Anstoss giebt zum intensiveren Ablauf des Stoffwechsels beim Warmblüter — das bleibt uns vorläufig noch völlig verschlossen.

Zu den werthvollsten quantitativen Untersuchungen am Muskel gehören ferner die vielen genauen Bestimmungen der vom Muskel geleisteten **Arbeit.**

Die Arbeit wird bekanntlich gemessen durch das Product des gehobenen Gewichtes mit der Hubhöhe. Die Hubhöhe ist bei gleicher Belastung bei den verschiedenen Muskeln proportional der Länge des Muskels. Die Belastung, die ein Muskel zu überwinden vermag, ist proportional dem Querschnitt des Muskels. Die „absolute Kraft" des Muskels wird bestimmt durch das kleinste Gewicht, welches der Muskel bei maximaler Tetanisirung nicht mehr zu heben vermag. Dieses Gewicht beträgt beim Froschskeletmuskel 3 Kgr.[1]), beim menschlichen Skeletmuskel bis zu 10 Kgr. auf einen Quadratcentimeter Querschnitt.[2]) Alle Gewichte zwischen 0 und dem angegebenen Maximum hebt der Muskel und leistet dabei Arbeit.

Die Grösse der vom Muskel geleisteten Arbeit wächst bei gleicher Belastung mit der Intensität des Reizes. Eine teleologisch hochinteressante und beachtenswerthe Einrichtung besteht aber darin, dass auch bei gleichem Reize der Muskel um so mehr Arbeit leistet, je mehr Arbeit ihm aufgebürdet wird, je schwerer das zu hebende Gewicht, wenigstens bis zu einer gewissen Grenze.

Ein 75 Kgr. schwerer Mann, der einen 2000 Meter hohen Berg besteigt, leistet eine Arbeit von 150 000 Kilogrammometern. Dieses ist für einen gesunden Mann keine grosse Anstrengung. Ein rüstiger Bergsteiger kann sogar die doppelte Arbeit von 300 000 Kilogrammometern am Tage leisten. Diese Arbeit wird ausschliesslich von der Musculatur der Beine geleistet. Werden

---

1) Rosenthal, Compt. rend. 1867. T. 64. p. 1143.

2) Henke, Zeitschr. f. rat. Med. 1865. III. R. Bd. 24, S. 247 u. 1868. Bd. 33, S. 100. Knorz, „Ein Beitr. z. Best. d. absol. Muskelkraft". Diss. Marburg 1865. Koster, Nederlandsch Archief voor Genees- en Naturk. 1867. III. p. 31. Haughton, Proceedings of the Royal Society of London 1867. Vol. XVI.

nahezu alle grösseren Muskeln angestrengt wie beim Rudern, so kann in der Zeiteinheit eine viel grössere Arbeit geleistet werden als beim Bergsteigen. Man schätzt die Arbeit, die ein Mann bei täglicher 8 stündiger Arbeit ohne Ueberanstrengung leisten kann, auf 300 000 Kilogrammometer, d. h. 10 bis 11 Kilogrammometer in der Secunde. Die Muskelarbeit eines Pferdes, eine sogenannte „Pferdekraft" ist man übereingekommen zu 75 Kilogrammometern pro Secunde anzunehmen.

Die Verwerthung chemischer Spannkraft zur Verrichtung mechanischer Arbeit vollzieht sich im Muskel in einer viel vollkommeneren Weise als in irgend einer von Menschenhand construirten Maschine. In den vollkommensten Dampfmaschinen wird höchstens $^1/_{10}$ der verbrauchten chemischen Spannkraft in mechanische Arbeit umgesetzt, die übrigen $^9/_{10}$ gehen unbenutzt als Wärme verloren. Im Muskel dagegen kommt $^1/_4$ der verbrauchten chemischen Spannkraft als äussere mechanische Arbeitsleistung zum Vorschein, und nur $^3/_4$ werden in Wärme umgesetzt. Nach B. Danilewsky[1]) kommt beim Froschmuskel sogar die Hälfte der chemischen Spannkraft als äussere Arbeit zum Vorschein.

Der Nachweis dieser Zahlenverhältnisse ist mit sehr grossen Schwierigkeiten verbunden. Die Wärmemenge, die der Muskel entwickelt, ist in der Zeiteinheit so gering, dass sie sich mit dem Calorimeter nicht nachweisen lässt. Man musste daher zu sehr subtilen Bestimmungen mit feinen thermoelektrischen Säulen seine Zuflucht nehmen. In Bezug auf die Ausführung dieser Untersuchungen verweise ich auf die werthvollen und lehrreichen Origenalarbeiten.[2])

1) B. Danilewsky (A. Fick's Laboratorium), Pflüger's Archiv. Bd. 45, S. 344. 1889.

2) Helmholtz, Müller's Archiv. 1848. S. 144. R. Heidenhain, „Mechanische Leistung, Wärmeentwicklung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit". Leipzig 1864. A. Fick, Beitr. z. An. u. Physiol. als Festgabe für C. Ludwig. I. S. 153. 1875. A. Fick u. K. Harteneck, Pflüger's Arch. Bd. XVI, S. 59. 1877. A. Fick, „Myothermische Fragen und Versuche". Verhandl. d. physik.-med. Ges. zu Würzburg. N. F. XVIII 1884. „Myothermische Untersuchungen aus dem physiol. Laboratorium zu Zürich und Würzburg". Wiesbaden, Kreidel. 1889 (Zusammenstellung der Arbeiten). B. Danilewsky, Pflüger's Archiv. Bd. 45, S. 344. 1889 und „Ergebnisse weiterer thermodynamischer Unters. des Muskels". Wiesbaden, Bergmann. 1889. J. v. Kries und R. Metzner, Centralbl. f. Physiol. Bd. VI, S. 33. 1892. R. Metzner, Arch. f. An. u. Physiol. 1893. Suppl.

Sollte das Problem, eine Flugmaschine für den Menschen zu erfinden, einmal eine Lösung finden, so werden, glaube ich, die Physiologen den wichtigsten Beitrag dazu liefern müssen. Eine Hauptschwierigkeit bei der Lösung dieses Problems besteht darin, dass die Last des Brennmaterials, welche die Flugmaschine mit sich führen muss, zu gross ist. Durch das Studium der Muskelphysiologie wird man erforschen, wie bei der geringsten Belastung mit Brennmaterial die grösste Arbeit erzielt wird. Auch das Problem, die Maschine selbst nicht aus schwerem Metall zu construiren, sondern aus so leichtem Material wie im Organismus des Vogels, wird vielleicht nur die physiologische Chemie lösen können.

Mit Hülfe der Physik und der Mechanik allein wird man die Muskelfunctionen nicht erforschen. Nur die innigste Verknüpfung der Mechanik mit der **Chemie** kann uns der Lösung des Räthsels näher führen. Die Mechanik der chemischen Elemente — das ist die Physik der Zukunft.

Dreiundzwanzigster Vortrag.

Thierische Elektricität.

Mein Lehrer der Physik, Professor Kämtz in Dorpat, pflegte seine Vorlesungen über Elektricität mit den Worten einzuleiten: „Die Elektricität und der Magnetismus sind diejenigen Naturkräfte, mit denen Leute, die nichts von der Elektricität und dem Magnetismus verstehen, Alles erklären können.“ Zu diesem Ausspruche meines verehrten Lehrers stimmt die grosse Rolle, welche die Elektricitätslehre zu allen Zeiten in der Physiologie und in der gesammten Medicin gespielt hat.

Es ist das unsterbliche Verdienst E. Du Bois Reymond's (1818—1896), den Augiasstall der Lehre von der thierischen Elektricität definitiv gereinigt zu haben. Du Bois[1]) hat die Untersuchungsmethoden zur Erforschung der thierischen Elektricität zu einem solchen Grade der Exactheit erhoben, dass selbst die Physiker von ihm haben lernen müssen.[2]) Was nun aber nach dieser kritischen Säuberung Positives übrig blieb an elektrischen

---

1) Emil Du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektricität. Bd. I. Berlin 1848; Bd. II. Berlin 1849.

2) Die Ausbildung einer exacten Methode zur Untersuchung der thierischen Elektricität war — wie aus der Physik bekannt — schon vor Du Bois durch die Italiener Galvani, Volta, Nobili, Marianini, Santi-Linari, Matteucci und durch Alexander von Humboldt (1769—1859) vorbereitet worden. Die Arbeiten aller dieser Autoren finden sich in dem Werke von Du Bois citirt. Humboldt's Arbeiten finden sich in seinem zweibändigen Werke: „Ueber die gereizte Muskel- und Nervenfaser, nebst Vermuthungen über den chemischen Process des Lebens in der Thier- und Pflanzenwelt“. Berlin 1797—98. Durch Humboldt und Johannes Müller wurde Du Bois zu seinen Untersuchungen über die thierische Elektricität angeregt.

Erscheinungen im Lebensprocess, konnte bisher zur Erklärung von Lebensfunctionen noch nicht verwerthet werden. Zwar treten elektrische Spannungsdifferenzen im Thierkörper auf, wie wir ja a priori nicht anders erwarten konnten, weil elektrische Spannungsdifferenzen überall auftreten müssen, wo chemische Processe verlaufen. Aber diese Differenzen müssen sich stets sofort wieder ausgleichen, weil keine Isolatoren in den thierischen Geweben vorhanden sind. Alle Gewebe sind mit einer leitenden Salzlösung durchtränkt. Zwar mögen die elektrischen Differenzen bei ihrer Ausgleichung in den Geweben noch chemische Umsetzungen aller Art bewirken oder veranlassen. Ueber die Art dieser Umsetzungen aber und über ihre Bedeutung für irgend welche Functionen wissen wir vorläufig noch nichts.

Du Bois hatte geglaubt, dass schwache, constante elektrische Ströme in jedem Muskel und Nerven circuliren und bei den Functionen der Muskeln und Nerven eine Rolle spielen. Diese Annahme wurde durch L. Hermann[1]) widerlegt. Dagegen wurde die folgende Entdeckung von Matteucci[2]) und Du Bois[3]) durch Hermann und alle späteren Forscher bestätigt. Im Momente der Muskelzuckung entsteht in dem Muskel eine elektrische Spannungsdifferenz, bei welcher der active Theil des Muskelgewebes elektronegativ gegen den noch ruhenden Theil wird. Verbindet man die beiden Theile durch die Drahtenden eines Multiplicators, so lässt sich der Strom, der sogenannte **Actionsstrom**[4]) nachweisen.

Der Actionsstrom des Muskels kann auch als Reiz auf einen Nerven wirken. Legt man den Nerven eines herauspräparirten

1) L. Hermann, Unt. z. Physiol. der Muskeln und Nerven. Heft II. 1867; Heft III. 1868. Vgl. auch die „Allgemeine Muskelphysik" von L. Hermann in dessen Handb. d. Physiologie. Bd. I. 1879 und seine Abhandlung „Zur Geschichte von der Lehre der thierischen Elektricität" in Pflüger's Arch. Bd. 71, S. 296. 1898.

2) Carlo Matteucci, Essai sur les phénomènes électriques des animaux. Paris 1840. p. 81 et 82.

3) E. Du Bois-Reymond, „Vorläufiger Abriss einer Unters. üb. den sogenannten Froschstrom und über die elektromotorischen Fische". Poggendorff's Annalen der Physik u. Chemie. Bd. 58, S. 1. 1843. Vgl. auch „Unt. üb. thierische Elektricität". Bd. II. Berlin 1849. S. 25.

4) Du Bois hatte diesen Strom als „negative Stromesschwankung" bezeichnet. weil er eine seinem irrthümlich angenommenen constanten Strome entgegengesetzte Richtung hatte.

Froschgastrocnemius auf einen zuckenden Muskel, so zuckt auch der Froschgastrocnemius.[1]) Diese Erscheinung wird als **„secundäre Zuckung“** bezeichnet. Versetzt man den ersteren Muskel statt in einfache Zuckung in Tetanus, so geräth auch der zweite Muskel in Tetanus.[2])

Ein sehr beliebter Vorlesungsversuch besteht darin, an einem lebenden Säugethiere das Herz blosszulegen und den Nerven des Froschgastrocnemius auf das schlagende Herz zu legen. Dann sieht man das Herz und den Gastrocnemius in gleichem Tempo zucken.

Aehnliche Actionsströme wie am Muskel beobachtet man auch an den Nerven. In dem durch mechanische, chemische, thermische oder elektrische Reize erregten Nerven sieht man eine elektrische Spannungsdifferenz entstehen, wie im zuckenden Muskel; die in Erregung befindlichen Stellen des Nerven verhalten sich elektrisch negativ gegen die ruhenden.

Ob die schwachen Actionsströme der Muskeln und Nerven irgend eine physiologische Bedeutung haben, oder ob sie nur eine unwesentliche Nebenerscheinung sind bei der Umsetzung der chemischen Spannkraft in die Muskel- und Nervenfunction, wissen wir noch nicht. Was aber immer und immer wieder die Aufmerksamkeit der Physiologen auf die Erscheinung dieser schwachen Actionsströme lenkt, ist die *auffallende Analogie dieser Erscheinung mit den starken elektrischen Entladungen bei gewissen Fischen.* Wie der Actionsstrom des Muskels willkürlich oder durch künstliche Reizung der Muskelnerven hervorgerufen wird, so wird auch die elektrische Entladung der Fische scheinbar willkürlich oder durch Reizung der zum elektrischen Organ gehenden Nerven ausgelöst. Die Analogie zeigt sich auch bei der Curarevergiftung. Der Unterschied ist nur graduell. Bei genügend grossen Curaredosen werden auch die elektrischen Organe vom Nerven aus unerregbar. Direct bleiben die elektrischen Organe noch erregbar — wie C. Sachs[3]) durch Versuche

1) C. Matteucci, Compt. rend. XV. p. 797. 1842.

2) E. Du Bois-Reymond, Poggendorff's Annalen der Physik. Bd. 58, S. 1. 1843. Unters. üb. thierische Elektricität. Bd. II. S. 87. Berlin 1849.

3) „Dr. Carl Sachs, Untersuchungen am Zitteraal, Gymnotus electricus, nach seinem Tode bearbeitet von Emil Du Bois-Reymond, mit zwei Abhandlungen von Gustav Fritsch.“ Leipzig, Veit & Co. 1881. S. 194 bis 205. Dort findet sich die frühere Litteratur über die

am Zitteraal gezeigt hat — und zwar sowohl durch elektrische Reize als auch durch Ammoniak. Auf vielfache andere Analogien mit dem Muskel hat Marey[1]) durch Untersuchung der elektrischen Entladungen am Zitterrochen aufmerksam gemacht.

Es ist ferner beachtenswerth, dass die elektrischen Organe der Fische von den vergleichenden Anatomen als phylogenetische Umwandlungsgebilde von Muskeln betrachtet werden, und dass sich auch ontogenetisch die Entstehung der elektrischen Organe aus Muskeln nachweisen lässt. Bei einigen Fischen finden sich sogenannte pseudoelektrische Organe, die nur schwache elektrische Entladungen liefern und in ihrem histiologischen Baue den Muskeln noch ähnlicher sind.[2])

Es sind ganz verschiedene Muskeln, die sich bei den verschiedenen elektrischen Fischen in die elektrischen Organe umgewandelt haben. Es muss sich also diese Umwandlung im Laufe der phylogenetischen Entwicklung mehrmals vollzogen haben. Dafür spricht auch das Auftreten der elektrischen Organe in ganz verschiedenen Ordnungen und Abtheilungen der Fische.

In den Muskeln aller Thiere setzt sich bei ihrer Thätigkeit die chemische Spannkraft um in drei verschiedene Formen der lebendigen Kraft: in Wärme, in mechanische Arbeit und in den Actionsstrom. Die letztere Form der lebendigen Kraft ist quantitativ die unbedeutendste. In den umgewandelten Muskeln der elektrischen Fische dagegen überwiegt der Actionsstrom.

Die allmähliche Umwandlung der Muskeln in die elektrischen Organe bereitet der Darwin'schen Theorie der natürlichen Zuchtwahl grosse Schwierigkeiten. Es ist vorläufig schwer zu verstehen, welchen Vortheil im Kampfe um's Dasein die in der beginnenden Umformung zu elektrischen Organen begriffenen

---

Wirkung des Curare auf die elektrischen Fische zusammengestellt.

1) Marey, Compt. rend. T. 84. p. 190. 1877.

2) Eine Zusammenstellung der vergleichend anatomischen Litteratur über die elektrischen Fische findet sich bei C. Gegenbaur, Vergleichende Anatomie der Wirbelthiere. Bd. I. S. 700—704. 1898.

Muskeln den Fischen gewähren konnten, solange diese Organe noch keine genügend starken elektrischen Schläge lieferten, um als Angriffs- oder Vertheidigungswaffe zu dienen. Darwin selbst war sich dieser Schwierigkeit sehr wohl bewusst.[1]) Einen Versuch, sie zu überwinden, hat G. Fritsch[2]) gemacht.

Die erwähnten Analogien zwischen Muskel und elektrischem Organ berechtigen zu der Hoffnung, durch Erforschung der Vorgänge im elektrischen Organ einen Einblick zu gewinnen in die Functionen des Muskels, oder doch wenigstens zu einer fruchtbringenden Fragestellung zu gelangen in Bezug auf die bisher noch völlig räthselhafte Art der Umsetzung von Spannkraft in lebendige Kraft in den Muskeln — vielleicht auch in anderen Organen, insbesondere in den Drüsen. Denn, dass die elektrischen Organe umgewandelte Muskeln seien, gilt nicht von allen elektrischen Fischen. Beim Zitterwels, Malapterurus electricus, findet sich keine Andeutung einer solchen Entwicklung. Fritsch[3]) wird durch seine histiologischen Untersuchungen zu der Vermuthung geführt, dass es in diesem Falle Drüsen seien, aus deren Umwandlung das elektrische Organ hervorgegangen ist. Die Drüsen haben mit den Muskeln gemeinsam, dass sie gleichfalls mit centrifugalen Nerven versehen sind. Diese Nerven treten vielleicht zu dem contractilen Protoplasmaleib der Drüsenzelle in eine ähnliche Beziehung, wie die motorischen Muskelnerven zum contractilen Inhalt der Muskelzelle.

Es sind gegenwärtig über 50 Arten elektrischer Fische bekannt. Physiologisch am eingehendsten untersucht wurden die folgenden drei:

1. Der Zitterwels, Malapterurus electricus. Derselbe lebt im Nil und anderen Flüssen Afrikas und erlangt eine Länge bis zu einem Meter. Die elektrische Natur der von ihm ertheilten Schläge wurde zuerst im Jahre 1751 von dem französischen Botaniker Michel Adanson[4]) auf seiner Reise am

1) Charles Darwin, On the origin of species by means of natural selection. 1861. p. 213.

2) Gustav Fritsch, „Die elektrischen Fische im Lichte der Descendenzlehre". Berlin, Habel 1883. Die Schrift ist halbpopulär, enthält aber werthvolle Quellennachweise.

3) Fritsch, l. c. S. 48.

4) Adanson's Reise nach Senegal. Aus dem Französischen übersetzt von Martini. Brandenburg 1773. S. 201. Dieselbe Beobachtung machte un-

Senegal erkannt. Adanson hatte in Europa die kurz vor seiner Abreise entdeckte Leydener Flasche kennen gelernt und konnte feststellen, dass der Schlag des Malapterurus electricus ganz die

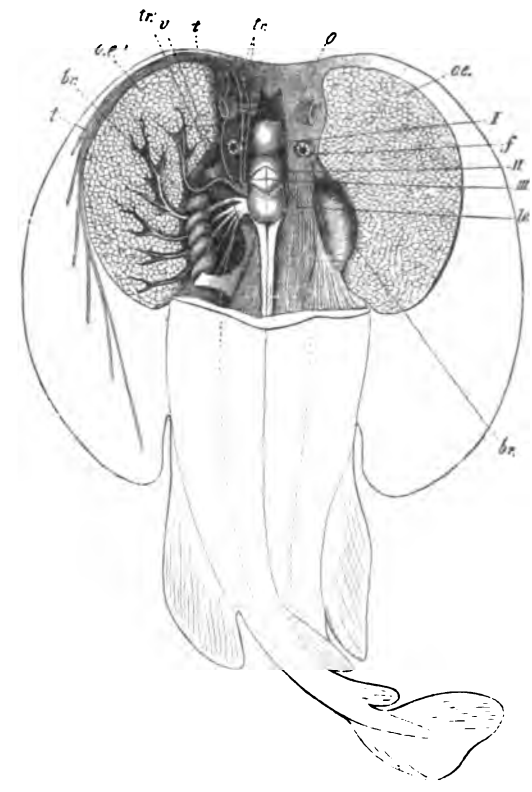


Fig. 65. Nach Gegenbaur.

Ein Zitterrochen (Torpedo) mit dem präparirten elektrischen Organ von oben gesehen. Rechterseits ist das Organ *o. e.* bloss an der Oberfläche freigelegt. Median grenzt es an die noch von einer gemeinsamen Constrictorschicht überzogenen Kiemensäcke *(br.)*, die auf der anderen Seite einzeln dargestellt sind. Auf derselben linken Seite sind zugleich die zum elektrischen Organ tretenden Nervenstämme präparirt und eine Strecke weit ins Organ *o. e.'* verfolgt. Die geöffnete Schädelhöhle zeigt das Gehirn: *I* Vorderhirn, *II* Mittelhirn, *III* Hinterhirn. *l. e.* Lobus electricus des Nachhirns. *v.* Nervus vagus. *tr* Trigeminusgruppe. *tr'* elektrischer Ast. *o.* Auge. *f* Spritzloch. *t* Gallertrohren des Integuments. *br* Kiemen.

gleiche Empfindung hervorrief wie der Schlag der Leydener Flasche. Die ersten eingehenderen Untersuchungen und insbe-

---

abhängig von Adanson der holländische Gouverneur L. St. van s'Gravesande. Die Quellenlitteratur über diesen Prioritätsstreit findet sich zusammengestellt in „Dr. Carl Sachs, Unters. am Zitteraal etc.“ 1881. S. 127.

sondere eine genaue anatomische Beschreibung des elektrischen Organs von Malapterurus verdanken wir dem deutschen Arzte Theodor Bilharz[1]), welcher vom Jahre 1851 bis zu seinem Tode im Jahre 1862 als Lehrer der Anatomie an der Medicinschule in Cairo thätig war. Seine Untersuchungen wurden von dem russischen Physiologen Babuchin[2]) fortgesetzt. Die neuesten Untersuchungen über den Zitterwels hat Francis Gotch[3]) an einem lebend nach London gelangten Exemplare ausgeführt.

2. Der Zitterrochen, Torpedo marmorata, lebt im Mittelmeere und im Atlantischen Ocean und wird bis 70 Cm. lang. Er wurde zuerst im Jahre 1772 von dem Engländer Walsh[4]) physiologisch untersucht, darauf in den Jahren 1832 bis 1841 von dem englischen Arzte John Davy[5]), dem Bruder des berühmten Chemikers Humphry Davy, in neuester Zeit vielfach auf der zoologischen Versuchsstation in Neapel.[6])

3. Der Zitteraal, Gymnotus electricus, findet sich in den Nebenflüssen des Orinocco und in stehenden Gewässern Südamerikas. Er wird bis zu 2 Metern lang und bis zu 12 Kilogr. schwer. Seine elektrischen Eigenschaften wurden zuerst von Hugh Williamson[7]) an einem im Jahre 1773 aus Surinam lebend nach Philadelphia gelangten Exemplare studirt, darauf von Walsh[8]) an zwei im Jahre 1775 und 1778 lebend nach London gebrachten Exemplaren und schliesslich in der Heimath selbst

1) Theod. Bilharz, „Das elektrische Organ des Zitterwelses“. Leipzig 1857.

2) Babuchin, Du Bois' Arch. 1877. S. 250.

3) Francis Gotch and G. J. Burch, Proceedings of the Royal Society. Vol. 65. p. 434. 1899.

4) John Walsh, On the electric property of the Torpedo. Philosophical Transactions. 1773. On the Torpedo, found on the coast of England. ibid. 1774.

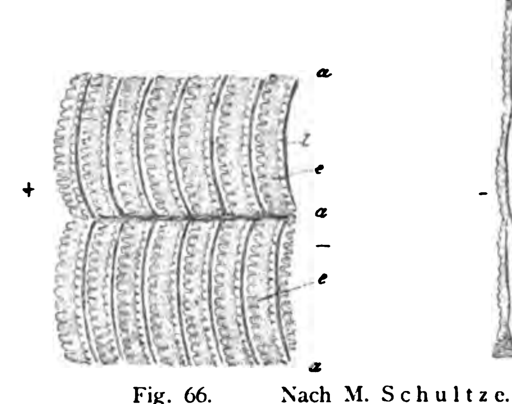
5) John Davy, Experiments on the torpedo. Phil. Tr. 1832, 1834, 1841.

6) Siehe hierüber Siegfried Garten, Abhandl. d. math.-phys. Klasse d. königl. sächs. Ges. d. W. Bd. 25, S. 253. 1899. Dort findet sich die frühere Litteratur zusammengestellt. Vgl. auch F. Röhmann, Du Bois' Arch. 1893. S. 423.

7) Hugh Williamson, Phil. Transact. 1775. Part. I. p. 100.

8) Walsh hat nicht selbst über den Gymnotus berichtet. Der Bericht findet sich bei Le Roy in Rozier's „Observations sur la Physique etc.“ T. VIII. Paris 1776. p. 331.

von Alexander v. Humboldt[1]) auf dessen Reise durch Süd-Amerika in den Jahren 1799—1803. Im Jahre 1838 gelangte ein lebendes Exemplar nach London und wurde von einem der hervorragendsten Forscher auf dem Gebiete der Elektrophysik untersucht; es war kein Geringerer als Faraday[2]). Die neuesten und sehr eingehenden Untersuchungen verdanken wir Du Bois' Schüler Carl Sachs[3]), welcher in den Jahren 1876 und 1877 speciell zu dem Zwecke, die elektrischen Eigenschaften des Gymnotus zu studiren, eine Reise nach Südamerika unternahm.



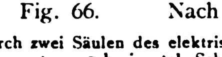


Fig. 66. Nach M. Schultze. Fig. 67.

Längsschnitt durch zwei Säulen des elektrischen Organs von Gymnotus. *a* horizontale Scheidewände. *l* Querwände, nach dem Kopfende convex. *e* elektrische Platten.

Längsschnitt durch einen Theil des elektrischen Organs von Malapterurus. *a* Integument, *a'* Aponeurose gegen die Musculatur, *b* Septen. *e* elektrische Platte. *g* Gallertsubstanz. *f* Schwanzseite.

Die elektrischen Organe bestehen bei Torpedo und Gymnotus aus säulenartig geschichteten Fächern (Fig. 65 und

---

1) A. von Humboldt, Reise in die Aequinoctialgegenden des neuen Continents u. s. w. Stuttgart und Tübingen 1820. Bd. III und Recueil d'Observations de Zoologie et d'Anatomie comparée. Paris 1811.

2) Michael Faraday, Notice of the character and direction of the electric force of the Gymnotus. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 1839. Part. I. p. 1—12.

3) „Dr. Carl Sachs, Untersuchungen am Zitteraal, Gymnotus electricus", nach seinem Tode bearbeitet von Emil Du Bois-Reymond, mit zwei Abhandlungen von Gustav Fritsch. Leipzig, Veit & Co. 1881. Vgl. auch „Aus den Llanos, Schilderung einer naturwissenschaftlichen Reise nach Venezuela". Leipzig, Veit & Co. 1879.

66). Jedes Fach enthält eine sogenannte elektrische Platte, und zu jeder Platte verläuft ein Zweig des centrifugalen Nerven, welcher das elektrische Organ versorgt. Bei Gymnotus sind es zahlreiche Spinalnerven; bei Torpedo sind es jederseits ein Trigeminus-, ein Facialis- und 4 Vagusäste.[1])

Es lag nahe, die Säulen der elektrischen Organe mit der Volta'schen Säule zu vergleichen. Jedenfalls aber kann es in jenen Säulen nicht zu einer Aufspeicherung der Elektricität kommen wie in der elektrischen Volta'schen Säule. Die elektrischen Organe enthalten keine Isolatoren, sondern sind wie alle Gewebe mit leitender Salzlösung durchtränkt. Wir müssen daher annehmen, dass die elektrische Spannungsdifferenz unmittelbar vor der Entladung aus chemischen Spannkräften entstehe. Es ist ferner zu bedenken, dass das elektrische Organ des Malapterurus keine säulenartige Anordnung der elektrischen Platten aufweist (Fig. 67) und dennoch ganz ähnliche elektrische Entladungen hervorbringt, wie die elektrischen Organe von Torpedo und Gymnotus.

Bei Malapterurus wird das elektrische Organ jederseits durch eine einzige Nervenfaser spinalen Ursprungs versorgt. Diese Faser kommt aus einer einzigen colossalen Ganglienzelle. Die Faser theilt sich und versorgt alle elektrischen Platten des Organs. Die beiden Ganglienzellen sind im Rückenmarke neben einander gelagert.

Die Axe der Säulen des elektrischen Organes ist bei Gymnotus der Körperaxe parallel, bei Torpedo senkrecht dazu. Bei Torpedo tritt der positive Strom an der Rückenfläche aus, bei Gymnotus am Kopfe, bei Malapterurus am Schwanze.

Berührt man einen Torpedo an der Luft mit der einen Hand am Rücken, mit der anderen an der Bauchseite, so geht der Schlag durch den Körper des Berührenden hindurch, ebenso, wenn man den Gymnotus mit der einen Hand am Kopfende, mit der anderen am Schwanzende berührt. Der Schlag kann auch durch eine ganze Reihe von Personen hindurchgehen, von denen die erste den Fisch am elektropositiven Körpertheil, die letzte am negativen berührt, und wird von allen Personen noch sehr empfindlich verspürt. Im Wasser ist der Schlag natürlich weit schwächer, weil das Wasser bekanntlich ein ziemlich guter Elektricitätsleiter ist, und die Entladung sich somit im Wasser ver-

1) W. Krause, Sitzungsber. d. Berliner Ak. 1886. S. 675.

theilt. Für den elektrischen Fisch hat das den Vortheil, dass er andere Wasserbewohner mit seinen Schlägen treffen kann, auch wenn sie ihn nicht direct berühren, sondern in einiger Entfernung von ihm schwimmen.

Alle Beobachter stimmen darin überein, dass die elektrischen Fische ihre Schläge willkürlich ertheilen können. Ausserdem aber kann man jederzeit reflectorische Entladungen auslösen, wenn man die Körperoberfläche des Thieres reizt. Schliesslich lehrt der vivisectorische Versuch, dass auch durch Reizung des zuführenden centrifugalen Nerven und durch directe Reizung des elektrischen Organs Entladungen ausgelöst werden.

Die Identität der Elektricität der elektrischen Fische mit der Reibungs- und Berührungselektricität der elektrischen Maschinen ist durch vielfache Versuche bewiesen worden. Leitet man die Elektricität von dem Fische durch Metalldrähte ab, so kann man Stahlnadeln magnetisiren, die Magnetnadel ablenken und chemische Wirkungen erzielen, z. B. Jodkalium zerlegen und dabei die Richtung des Stromes erkennen. Unterbricht man die Drahtleitung, so kann man einen Funken überspringen sehen.

Die Schläge der genannten Fische sind kräftig genug, um als Angriffs- und Vertheidigungswaffe zu dienen. Babuchin hatte Gelegenheit, die Kraft der Schläge des Welses und des Rochens zu vergleichen und schreibt dem ersteren die grössere Kraft zu. Die im Mittelmeer lebenden und von Babuchin untersuchten Rochen sind jedoch nicht die grössten ihres Genus. An der ostamerikanischen Küste kommt eine Art vor, Torpedo occidentalis, die doppelt so gross wird wie Torpedo marmorata. Sie erreicht eine Länge von 125 Cm. und ein Gewicht von 200 Pfund. Der Schlag soll so stark sein, dass ein Mann davon zu Boden stürzen kann, „wie von der Axt gefällt".[1]) Der Zitteraal ist lange nicht der grösste unter den elektrischen Fischen, scheint aber der am meisten gefürchtete zu sein. Humboldt giebt an, dass Pferde durch den Schlag des Gymnotus getödtet oder doch so weit betäubt werden, dass sie ertrinken. Spätere Beobachter haben diese Angabe nicht bestätigt; es scheint, dass grosse Thiere nicht getödtet werden. Menschen empfinden beim Schlage einen heftigen Schmerz, werden aber nicht betäubt. Fische und Krabben legen

1) Fritsch, l. c. S. 16.

sich gleich auf den Rücken, wenn der Schlag sie trifft, und werden dann von den Gymnoten verschlungen.

Die elektrische Kraft der Gymnoten ist nicht leicht erschöpft. Sachs[1]) berichtet, dass ein Gymnotus nach 150 Schlägen in einer Stunde noch kräftige Wirkungen hervorbrachte, z. B. eine starke Erschütterung durch eine Kette von 8 Personen sandte, deren Endglieder ihn am Kopf und Schwanz berührten.

Sachs hat die Schläge eines frisch gefangenen Gymnotus an sich selbst erfahren und schildert die Wirkung folgendermaassen:

„Ich hob, durch die Kautschukhandschuhe gegen elektrische Schläge geschützt, das mächtige (soeben mit dem Netze an's Land geworfene), über 5 Fuss lange, heftig widerstrebende Thier auf und gedachte es schnell in das Baño zu werfen. Aber es entglitt meinen Händen und fiel mir vor die Füsse, so dass es gerade mit Kopf und Schwanz meine beiden Beine berührte, an denen die durchnässten Kleider anklebten. — Die Situation war von der Art, dass ich die stärksten Schläge erhielt, welche ein grosser und völlig frischer Gymnotus zu ertheilen vermag. Erstens nämlich befand sich das Thier ausserhalb des Wassers, so dass die Dichte des Stromes nicht durch die grosse Masse des umgebenden, gut leitenden Wassers abgeschwächt wurde. Sodann aber berührte ich mittels der durchnässten Kleider, welche die vortrefflichste Leitung bildeten, gerade diejenigen beiden Punkte, deren Verbindung den stärksten Schlag giebt, nämlich den positiven und negativen Pol, welche dem Kopf-, resp. Schwanzende des Thieres entsprechen. — Einige Secunden verharrte das Thier in dieser Lage, und ich war vor Schreck unfähig, mich zu rühren, denn das schwer gereizte Ungeheuer schleuderte einen wahren Hagel entsetzlicher Schläge durch meinen Körper; ich schrie laut auf vor überwältigendem Schmerz, bis endlich das Thier von meinen Füssen herabglitt und in den nicht von den Netzen umschlossenen Theil des Wassers entkam."

„Es war das erste Mal, dass ich die volle Kraft eines frischgefangenen grossen Thieres empfand; mir absichtlich diese Empfindung zu verschaffen, habe ich nie den Muth gehabt. Ich kann versichern, dass es keine Kleinigkeit ist. Humboldt erwähnt, dass er nach einem ähnlichen Vorfall den ganzen Tag einen em-

1) C. Sachs, Reisebriefe. Du Bois' Archiv. 1877. S. 73.

pfindlichen Schmerz in allen Gelenken verspürt habe. Derartige Folgen habe ich allerdings nicht empfunden; doch ist es nicht unwahrscheinlich, dass, hätte ich jene Schläge statt gegen die Füsse gegen den Rumpf oder Kopf erhalten, die Folgen weniger vorübergehender Natur gewesen wären."[1])

Nach allen diesen Angaben ist es kaum zu bezweifeln, dass auch unter natürlichen Lebensbedingungen die elektrischen Fische sich ihrer Schläge bedienen, um ihre Verfolger abzuschrecken. Der Hauptnutzen, den ihre eigenthümliche Fähigkeit ihnen gewährt, besteht aber wohl darin, kleinere Fische und Wasserbewohner aller Art zu betäuben, um sie dann bequem einfangen zu können. Sachs berichtet darüber Folgendes:

„Was die Nahrung der Zitteraale betrifft, so habe ich in keinem einzigen Falle gesehen, dass dieselben Brod oder Fleisch, womit ich sie zu füttern versuchte, zu sich genommen hätten. Dagegen verschlangen sie lebende kleine Fische und Krabben, sowie mancherlei Insecten, namentlich Heuschrecken, mit Begierde. Sie verfolgten das Opfer, lähmten es mittels elektrischer Schläge und verschluckten es mittels einer heftigen Saugbewegung, wobei ein knallähnliches Geräusch entstand; ein einziger Schlag eines kräftigen Gymnotus genügt, um Fische und Krabben sofort regungslos und umgewendet umhertreiben zu lassen."[2])

„Ein nur 14 Cm. langer Zitterwels, der von seinem Besitzer unvorsichtiger Weise in ein von zahlreichen Fischen bevölkertes Zimmer-Aquarium gesetzt wurde, tödtete sofort sämmtliche Mitgefangenen, Gross und Klein."[3])

Du Bois[4]) hat gezeigt, dass die elektrischen Fische selbst nicht blos gegen den eigenen Schlag und gegen die Schläge anderer elektrischer Fische immun sind, sondern auch gegen das künstliche Durchleiten von Inductionsschlägen durch das Wasser. Du Bois brachte in ein Bassin Zitterwelse, gewöhnliche Flussfische und Frösche und senkte dann von beiden Seiten Elektroden

---

1) C. Sachs, Aus den Llanos. Leipzig, Veit & Comp. 1879. S. 194 u. 195.

2) Sachs, l. c. S. 165.

3) G. Fritsch, Die elektrischen Fische im Lichte der Descendenzlehre. Berlin, Habel. 1883. S. 45.

4) E. Du Bois-Reymond, Poggendorff's Annalen der Physik u. Chemie 1843. „Dr. Carl Sachs, Untersuchungen etc." p. 259—268.

eines kräftig wirkenden Inductionsapparates in das Wasser und liess Schläge hindurchgehen: Die gewöhnlichen Flussfische verfielen in Tetanus, kehrten sich auf den Rücken und gingen in kurzer Zeit zu Grunde, ähnlich die Frösche. Die Zitterwelse aber schwammen zwischen den Sterbenden munter herum. Sachs sagt: „Ich habe diese sogenannte Immunität gegen den eigenen Schlag beim Gymnotus in ausgesprochenster Weise angetroffen; während die beiden anderen elektrischen Fische, der Zitterrochen und der Zitterwels, nach neueren Untersuchungen bis zu einem gewissen Grade der Wirkung des eigenen Schlages unterliegen, indem derselbe wenigstens Zuckungen von Muskeln hervorruft, ist eine solche Wirkung beim Zitteraal nicht im Geringsten zu constatiren. Zehn Gymnotus lagen in meiner Canoa neben einander ausgestreckt; ich liess einen davon mit einem Stock berühren und empfand den Schlag an meinem, in 4 Fuss Entfernung eingetauchten Finger in schmerzhaftester Weise, ohne dass die sämmtlichen Gymnotus auch nur die geringste Spur einer Einwirkung desselben auf ihren Körper zu erkennen gaben."[1])

Ich kann die Betrachtung über die elektrischen Fische nicht schliessen, ohne nochmals zu betonen, dass man durch rein physikalische Untersuchungen über das Zustandekommen der elektrischen Entladungen bei den Fischen ebenso wenig in's Klare kommen wird, wie über die Functionen der Muskeln und Nerven. Zuerst müssen wir die chemische Zusammensetzung aller histiologischen Elemente der elektrischen Organe genau kennen. Dann erst können wir uns die Frage vorlegen, welcher Art die chemischen Processe in diesen Organen sein könnten und die damit zusammenhängenden elektrischen Vorgänge. *Man kann nicht Elektrochemie treiben ohne* **Chemie.**

Wie rathlos und resignirt Du Bois' Schüler Sachs der Aufgabe einer chemischen Untersuchung der elektrischen Organe gegenüberstand, geht aus folgender Aeusserung hervor.

„Alle diese Verhältnisse der gröberen Anatomie des Zitteraales waren mir jedoch längst bekannt und fesselten mein Interesse nicht, als ich den ersten Gymnotus secirte; es drängte mich, jene geheimnissvolle Substanz zu schauen, welche, aus Wasser und einer geringen Menge eiweissartiger Materie (sic!) aufgebaut, unter

1) Sachs, l. c. S. 165 u. 166.

dem Einflusse des Nervensystems den betäubenden Blitz entsendet. Die elektrischen Organe, mit deren Studium ich mehrere Monate beschäftigt war, nehmen die Bauchseite des Thieres ein und reichen von dem hinteren Ende der Leibeshöhle bis zur Schwanzspitze; von dem Gewicht des Fisches, das bei den grössten, sechs Fuss langen Exemplaren an 25 Pfund beträgt, fällt mehr als ein Drittheil auf die elektrischen Organe. Halb mit Entzücken, halb mit Bedauern betrachtete ich die hell röthlichgelb gefärbte, weiche und durchscheinende Masse, die mir beim Schnitt entgegenquoll; wohl konnte ich hoffen, eine Reihe interessanter Thatsachen aufzudecken auf einem Gebiete, das noch gar nicht mit den exacten Methoden der neueren Forschung in Angriff genommen war; aber die letzten physikalischen Ursachen zu enthüllen, welche einer so grossartigen Kraftäusserung thierischer Substanz zu Grunde liegen, durfte ich nicht hoffen; hier wie auf so vielen Gebieten sind der Forschung vorläufig noch Grenzen gesteckt, welche in der Unzulänglichkeit der Untersuchungsmethoden ihren Grund haben." (!)[1])

Ich bin weit entfernt davon, Carl Sachs einen Vorwurf zu machen. Dieser leider so jung gestorbene talentvolle Forscher verfügte für sein jugendliches Alter über ein bewundernswerth vielseitiges, umfassendes Wissen. Er kam aber aus einer Schule, in der die Chemie vernachlässigt wurde. Ich habe die Aeusserungen von Sachs nur angeführt, weil ich an meinem Theile dazu beitragen möchte, bei der jüngeren Generation die Ueberzeugung von der hohen Bedeutung der **Chemie** für alle Zweige der Physiologie zu festigen.

1) Sachs, l. c. S. 153 u. 154.

Vierundzwanzigster Vortrag.

Stimme und Sprache.

An das Capitel über die allgemeine Muskelphysiologie könnten wir nun in natürlichem Zusammenhange eine Betrachtung der speciellen Muskelphysiologie knüpfen. Nur aus praktisch didactischen Gründen unterlasse ich es. Die specielle Muskelphysiologie, d. h. die Lehre von den Leistungen der einzelnen Muskeln und von ihrer Bedeutung für den Gesammtorganismus, soll gleichzeitig mit der Anatomie der Muskeln gelernt werden. Es ist keine zweckmässige Art des Studiums, wenn der Student zuerst in das anatomische Institut geht, um dort zu lernen, an welche zwei Knochenvorsprünge ein Muskel sich ansetzt, und dann ein Jahr später in das physiologische Institut, um sich sagen zu lassen, was daraus resultirt, wenn sich die beiden Knochenvorsprünge einander nähern. Die specielle Muskelphysiologie gehört also in den Präparirsaal ebenso wie die Mechanik der Gelenke.

Deshalb will ich hier nur auf ein Capitel der speciellen Muskelphysiologie näher eingehen; es betrifft die Musculatur des Kehlkopfes und der Mundhöhle. Dieses Capitel erfordert eine eingehendere physiologische Betrachtung; es berührt sich mit anderen Capiteln der Physiologie, insbesondere mit der physiologischen Akustik; es behandelt zwei wichtige Functionen — die **Stimme** und die **Sprache.**

Wie die Stimmbildung beim Menschen zu Stande kommt, lässt sich auf experimentellem Wege demonstriren. Schneidet man aus einer menschlichen Leiche den Kehlkopf mit der Luftröhre heraus und bläst Luft in die Luftröhre — etwa mit Hülfe eines Blasebalges —, so entstehen Töne, welche denen der mensch-

lichen Stimme sehr nahe kommen.[1]) Es lässt sich weiter zeigen, dass diese Töne in der unteren Stimmritze entstehen. Denn wenn man unterhalb der unteren Stimmritze eine Oeffnung in der Luftröhre anbringt, so hört die Stimme sofort auf und kehrt wieder, sobald man die Oeffnung schliesst. Eine Oeffnung oberhalb der unteren Stimmritze dagegen hebt die Stimmbildung nicht auf. Man kann alle Theile oberhalb der unteren Stimmritze abtragen, ohne dass die Stimme aufhört. An einem solchen Präparate hört man nicht blos die Stimme; man sieht auch die Vibrationen der Stimmbänder.

Es liegt nun nahe, zu vermuthen, dass die Stimmbänder ihre Schwingungen auf die Luft übertragen und so die Töne der menschlichen Stimme hervorbringen, in ähnlicher Weise wie bei der Aeolsharfe. Es lässt sich aber zeigen, dass dieses nicht der Fall ist, sondern dass die Stimmbänder bei ihren Schwingungen die Stimmritze abwechselnd verschliessen und öffnen, dass bei jeder Oeffnung comprimirte Luft in den oberen Theil des Kehlkopfes eindringt, und dass so — durch Zerlegung des Luftstromes in eine Reihe einzelner Stösse — die Luftwellen entstehen in analoger Weise wie bei den Sirenen und bei den Zungenpfeifen.[2])

Davon kann man sich auch am lebenden Kehlkopfe überzeugen, indem man einem singenden Menschen einen schrägen Spiegel — „Kehlkopfspiegel"[3]) — in die Rachenhöhle hält. Man sieht in dem Spiegel „die Stimmbänder sehr ausgiebige Schwingungen machen, wobei die Stimmritze ganz eng geschlossen wird, so oft sie nach innen schlagen."[4])

---

1) Der erste, welcher an ausgeschnittenen Kehlköpfen akustische Versuche anstellte, war Antoine Ferrein (1692—1769), Mémoires de l'académie des sciences. 1741. Die eingehendsten und schönsten Versuche aber verdanken wir Johannes Müller (1801—1858), „Ueber die Compensation der physischen Kräfte am menschlichen Stimmorgan etc." Berlin 1839.

2) H. Helmholtz, „Die Lehre von den Tonempfindungen". Aufl. 4. Braunschweig, Vieweg. 1877. S. 158ff.

3) Der **Kehlkopfspiegel** wurde von dem Gesanglehrer Manuel Garcia entdeckt und in The London, Edinburgh and Dublin philosophical magazine and journal of Science. X. 1855 beschrieben und später von Ludwig Türck und Joh. Czermak in Wien vervollkommnet. Eine Abbildung und Beschreibung des Kehlkopfspiegels unterlasse ich hier, weil jeder Student sowohl in den physiologischen Vorlesungen, als auch in den laryngoskopischen Cursen Gelegenheit findet, diesen Apparat und seine Anwendung sich demonstriren zu lassen.

4) Helmholtz, l. c. S. 162.

Die Zahl der Oeffnungen und Schliessungen der Stimmritze richtet sich also nach der Schwingungsdauer der Stimmbänder, diese nach den bekannten allgemeinen Gesetzen schwingender Saiten. Eine Saite schwingt um so rascher, je geringer ihre Masse ist und je grösser die Kraft, welche sie in ihre Gleichgewichtslage zurücktreibt. Die Stimmbänder schwingen also um so rascher, der Ton der Stimme ist um so höher, je stärker die Stimmbänder gespannt sind. Bei gleicher Spannung schwingen sie um so langsamer, je länger und je dicker sie sind.

Die individuellen Verschiedenheiten in der Höhe der Stimme beruhen auf einer verschiedenen Länge und Dicke der Stimmbänder. Die längsten und dicksten Stimmbänder haben die ausgewachsenen Männer. Die kürzesten Stimmbänder haben die kleinen Kinder. Die Stimmbänder wachsen allmählich bis zur Pubertätsentwicklung. Dann nehmen sie beim Weibe nur wenig zu. Das Weib behält die Sopran- oder Altstimme der Kinder. Beim Manne aber wachsen zur Zeit des sogenannten Mutirens die Stimmbänder plötzlich, und die Stimme geht je nach der Entwicklung des Kehlkopfes in Tenor oder Bass über. Werden Knaben vor der Zeit des Mutirens castrirt, so behalten sie die Kinderstimme. (Vgl. unten Vortr. 27.)

Die wechselnde Höhe der Stimme beim gleichen Individuum kommt durch drei Mittel zu Stande: 1. durch die Aenderung der Spannung, 2. durch die Aenderung der Länge der Stimmbänder, 3. durch die Aenderung der schwingenden Masse.

Der verschiedene Grad der Stimmbandspannung wird, wie aus der Anatomie bekannt, durch Muskeln bewirkt. Diese Muskeln sind zum Theil in den Stimmbändern selbst gelegen und können durch ihre Verkürzung und Erschlaffung direct die Spannung der Stimmbänder beeinflussen. Die übrigen Muskeln bewirken eine Verschiebung der Kehlkopfknorpel gegeneinander und ändern damit den gegenseitigen Abstand der Ansatzstellen der Stimmbänder von einander.

Die Art und Weise, in welcher die einzelnen Kehlkopfmuskeln hierbei betheiligt sind, lässt sich erstens aus dem anatomischen Bau deduciren, zweitens aus Versuchen am ausgeschnittenen Kehlkopfe ableiten, indem man künstlich eine Spannung in der Richtung der fraglichen Muskeln hervorbringt, drittens durch Beobachtung mit dem Kehlkopfspiegel controliren und viertens durch Ex-

stirpation einzelner Kehlkopfmuskeln am lebenden Thiere entscheiden. Die Ergebnisse, zu denen die vielen Autoren, die sich mit diesen schwierigen Versuchen beschäftigt haben, gelangt sind, stimmen noch nicht überein.[1]) Auch in Bezug auf die Innervation der einzelnen Kehlkopfmuskeln durch die Zweige des Laryngeus superior und inferior gehen die Meinungen noch immer auseinander.[2])

Ausser durch die Muskelwirkungen wird die Spannung der Stimmbänder noch beeinflusst durch die Stärke des anblasenden Luftstromes. Je stärker dieser Strom, desto mehr bekommen die Stimmbänder — wie man im Kehlkopfspiegel sieht — eine etwas nach oben vorgebauchte Gleichgewichtslage. Die Stärke des anblasenden Luftstromes kann an Menschen mit einer Luftröhrenfistel mit Hülfe des Manometer direct gemessen werden. Sie beträgt gewöhnlich 13 bis 17 mm Quecksilber.

Ausser durch die stärkere Spannung kann die Stimme noch erhöht werden durch die Verkürzung der Stimmbänder. Diese kommt, wie schon Garcia mit Hülfe seines Kehlkopfspiegels beobachtete, dadurch zu Stande, dass die Stellknorpel fester aneinander gepresst werden. Bei losem Verschluss schwingen die Ränder der Stellknorpel mit. Bei festerem Verschluss schwingen nur die eigentlichen Stimmbänder, der Ton wird höher.

Auf das dritte Mittel zur Aenderung der Höhe der Stimme, auf die Aenderung der Masse der schwingenden Stimmbänder hat in neuester Zeit R. H. Woods[3]) hingewiesen. Er macht auf die Verticalfasern des in den Stimmbändern verlaufen-

1) Von neueren Arbeiten über die Funktionen der Kehlkopfmuskeln seien erwähnt: H. v. Meyer, Du Bois' Arch. 1889. S. 427. Neumann, Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1893. S. 225, 273, 417, 433, 529. A. Onodi, ebend. S. 449. M. Grossmann, Pflügers Arch. Bd. 73, S. 184. 1898. Happel, Klinisches Jahrbuch. Bd. 7, 1898. Dort findet sich die gesammte frühere Litteratur zusammengestellt.

2) Von neueren Arbeiten seien erwähnt: S. Exner, Sitzungsberichte der Wiener Ak. 3. Abth. Bd. 89, S. 63. 1884. Centralbl. f. Physiol. Bd. 2, S. 629 u. Bd. 3, S. 115. 1889. J. S. R. Russel, Proceed. Roy. Soc. Vol. 51. p. 102. 1893. J. Katzenstein, Arch. f. path. An. Bd. 134. S. 203. 1894. H. Munk, Du Bois' Arch. 1894. P. 192.

3) Robert H. Woods, The journ. of Anat. and Physiol. Vol. 27, p. 431. 1893.

den Musculus thyreo-arytaenoïdeus aufmerksam und meint, dass durch Anspannung eines Theiles der Verticalfasern der äussere Theil der Stimmbänder fixirt werde, so dass nur der innere Rand des Stimmbandes schwinge mit einer geringeren Masse. Woods will diese Vorgänge mit Hülfe des Kehlkopfspiegels verfolgt haben.

Die mit dem Kehlkopfe verbundenen Lufthöhlen — Lungen, Luftröhre, Rachen, Mund, Nase — gerathen beim Schwingen der Stimmbänder in Mitschwingungen. Diese Resonanz beeinflusst nach allen angestellten Versuchen nicht die Höhe des Tones, wohl aber die Stärke und die Klangfarbe.

Der Umfang der menschlichen Stimme hat bekanntlich für verschiedene Individuen eine sehr verschiedene Lage. Er beträgt meist nur zwei Octaven oder ein paar Töne mehr. Stimmen, die drei Octaven umfassen, gehören zu den grössten Seltenheiten.

Man unterscheidet in der Musik den Bass mit einem Umfang von *E* bis *f'*, den Tenor von *c* bis *c''*, den Alt von *f* bis *f''* und den Sopran von *c'* bis *c'''*. Alle zusammen umfassen also nahezu vier Octaven, d. h. halb so viel Töne als überhaupt in der Musik verwerthet werden (vgl. oben S. 57). Die menschlichen Stimmen liegen gerade in der Mitte aller musikalisch verwertheten Töne. Es kommen in den musikalischen Instrumenten zwei tiefere und zwei höhere Octaven hinzu. Der Ton *c'* liegt im Bereiche aller normalen menschlichen Stimmen; er liegt in der Mitte der ganzen musikalischen Skala.

An den **Sprachlauten** des Menschen unterscheidet man die Vocale und die Consonanten. Die verschiedenen **Vocale** werden dadurch hervorgebracht, dass von den Klängen der Stimme ein Theil der Obertöne (vgl. S. 64) durch die Resonanz der Mundhöhle verstärkt, ein anderer Theil abgeschwächt wird. Die Mundhöhle kann eine sehr verschiedene Form annehmen und dadurch bald diesen, bald jenen Oberton verstärken. Jeder kann es leicht an sich beobachten, wie verschieden die Form der Mundhöhle, die Form und Lage der Zunge beim Aussprechen der verschiedenen Vocale ist.

Welche Combination von Grundton und Obertönen die einzelnen Vocale hervorbringt, lässt sich sowohl durch die Analyse der Vocale nachweisen — z. B. mit Stimmgabeln, die, vor die

Mundhöhle gehalten, die einzelnen Obertöne angeben, oder mit Kugelresonatoren, die in's Ohr des Beobachters eingefügt werden u. s. w. — als auch durch die Synthese der Vocale, durch die künstliche Zusammensetzung derselben aus verschiedenen Tönen, z. B. durch gleichzeitiges Ertönenlassen von Stimmgabeln verschiedener Höhe.[1])

Die **Consonanten** sind Geräusche (vgl. S. 56), welche die durchstreichende Exspirationsluft in der Mundhöhle hervorbringt in dem Momente, wo der Canal an einem Punkte geschlossen oder geöffnet wird, oder wo an einer verengten Stelle eine Reibung der Luft statt hat oder schliesslich, wenn an einer solchen verengten Stelle Schwingungen der verengenden Wand entstehen. Je nach dem Orte des Verschlusses oder der Verengerung unterscheidet man:

1. Labiale Consonanten: b, p, w, f, m.
2. Dentale: d, t, s, sz, l, r, n.
3. Gutturale, wenn der hintere Theil der Zunge und der weiche Gaumen den Verschluss bilden: g, k, j, ch, ng.

Eine Ausnahmestellung nimmt der Consonant h ein; er entsteht nicht in der Mundhöhle, sondern in der Kehle und im Rachen, wenn die Luft hindurchstreicht, ohne dass die Stimmbänder so weit geschlossen sind, dass ein Klang hervorgebracht wird. Deshalb wird das h von einigen Autoren auch nicht zu den Consonanten gerechnet. Es hat zwar mit den Consonanten gemeinsam, dass es gleichfalls ein Geräusch ist und kein Klang wie die Vocale, unterscheidet sich aber von den Consonanten dadurch, dass es nicht in der Mundhöhle entsteht und nicht durch Bildung oder Aufhebung eines Verschlusses oder einer Verengerung.

---

1) Genaueres über die Methoden der Analyse und Synthese der Vocale findet man bei Helmholtz, l. c. S. 168ff. Dort ist auch die ältere sehr umfangreiche Litteratur citirt. Von neueren Arbeiten vgl. F. Auerbach (Helmholtz' Laboratorium), Ann. d. Phys. Ergänzungsband VIII. S. 177. 1877 und Wied. Ann. III. S. 152. 1878; IV. S. 508. 1878. H. Grassmann, Ann. d. Phys. N. F. Bd. I. S. 606. 1877. J. Lahr, „Die Grassmann'sche Vocaltheorie im Lichte des Experiments". Jenaer Diss. Leipzig 1885. L. Hermann, Pflüger's Arch. Bd. 45, S. 582; Bd. 47, S. 42. 1889; Bd. 47, S. 347. 1890; Bd. 53, S. 1. 1892; Bd. 58. S. 264. 1894 und Bd. 59. S. 104. 1894. H. Pipping, Zeitschr. f. Biol. Bd. 27, S. 1 u. 433. 1890 und „Ueb. die Theorie der Vocale". Acta societ. Fennicae. XX. Helsingfors 1894.

Fünfundzwanzigster Vortrag.

Fortpflanzung.

Die Frage, ob sich aus todtem Stoffe eine lebende Zelle bilden könne, ob eine sogenannte Urzeugung, Generatio aequivoca oder spontanea oder Abiogenesis möglich sei, lässt sich beim gegenwärtigen Stande unseres Wissens nicht verneinen. Wir müssen die Möglichkeit zugeben, auch wenn alle Experimente negativ ausfallen, weil wir bei den Experimenten niemals alle denkbaren Bedingungen erfüllen können, die bei einer Generatio spontanea mitgespielt haben könnten. Bisher aber haben alle sorgfältig angestellten Versuche ein entschieden negatives Resultat ergeben. Nichtsdestoweniger behaupten die meisten Biologen die Möglichkeit einer Generatio spontanea und berufen sich darauf, dass unsere Erde einst im feurigen Flusse sich befunden habe, wie noch heutzutage die Sonne, von der sie sich losgetrennt. Es könnte also anfangs kein Leben auf ihr bestanden haben, und es müsse einen Zeitpunkt gegeben haben, wo die erste Zelle aus dem todten Stoffe sich bildete.

Diese Lehre wurde erschüttert durch den folgenden Einwand, den zuerst ein deutscher Arzt, Hermann Eberhard Richter (1808 bis 1876), Professor an der medicinisch-chirurgischen Academie zu Dresden, dagegen erhob. Richter sagte, die erste Zelle könne auf unsere Erde gelangt sein nach ihrer Abkühlung von einem anderen Weltkörper her. Richter[1]) äussert sich darüber wörtlich folgendermaassen:

„Um recht folgerichtig in dieser Streitfrage zu urtheilen, muss man auf den Urgrund zurückgehen, welcher in der durch

1) H. E. Richter, Schmidt's Jahrbücher. Bd. 126, S. 248. 1865.

die neuere Astronomie begründeten Weltanschauung liegt. Dieser zufolge ist die Welt unendlich in Zeit und Raum. Sie hat niemals angefangen, sondern seit Ewigkeit bestanden. Sie wird nie aufhören; Stoff und Kraft sind unvergänglich. Das einzige, was sich unaufhörlich in ihr ändert, ist die Form. Es entstehen fortwährend neue Gebilde und vergehen alte. Der Weltraum ist erfüllt mit werdenden, reifen und absterbenden Weltkörpern, wobei wir unter reifen diejenigen verstehen, welche fähig sind, lebende Organismen zu beherbergen. Demnach halten wir auch das Dasein organischen Lebens im Weltreich für ewig; es hat immer bestanden und hat in unaufhörlicher Folge sich fortgepflanzt, und zwar in organisirter Form, nicht als ein mysteriöser Urschleim, sondern in Gestalt lebender Organismen, als Zellen oder aus Zellen zusammengesetzter Individuen. Omne vivum ab aeternitate e cellula!"

„Damit erledigt sich sogleich die Frage, auf welche Weise die ersten Organismen in die Welt gekommen seien. Da es deren immerdar irgendwo in der Welt gegeben hat, so fragt es sich blos: „wie sind sie zuerst *auf diesen oder jenen Weltkörper, nachdem er bewohnbar geworden, hingelangt?*" Und da antworten wir kühn: „aus dem Weltraum!"

„Die Astronomie zeigt, dass im Weltraum Unmassen feiner Substanzen schweben: von den fast körperlosen Kometenschweifen bis zu den in unserer Atmosphäre erglänzenden und häufig auf die Erde fallenden Meteorsteinen. In letzteren hat die Chemie ausser den geschmolzenen Metallen noch Reste von organischer Substanz (Kohle) nachgewiesen. Die Frage, ‚ob diese organischen Stoffe, bevor sie durch Erglühen des Aëroliths zerstört wurden, aus formlosem Urschleim oder aus geformten organischen Gebilden bestanden haben', ist jedenfalls für letztere zu entscheiden. Denn dafür haben wir eine entsprechechende Erfahrung in unserer eigenen Atmosphäre. Ueberall, wo wir eine hinreichende Luftmenge durch Baumwolle filtriren, da finden wir mikroskopische organische Körper, besonders Pilzkeime und Infusorien in derselben. Nach Ehrenberg's Entdeckungen führt der Aequatorialwindstrom unendliche Mengen sogenannten Infusorienstaubes aus Afrika und Südamerika hoch über die Alpen und Pyrenäen hinweg nach Mitteleuropa herunter. Die als rother Schnee bekannten Infusorien, welche sich auf den Schneefeldern der Hoch-

alpen in weiter Ausdehnung oft binnen wenig Tagen bilden, haben vielleicht denselben Ursprung. Denn sie besitzen schon eine allzu complicirte Organisation, um aus blossem Urschleim entstanden zu sein; auch ist nicht zu begreifen, wie ein solcher auf die Alpengipfel hinaufgelangt oder dort erzeugt sein soll. — Wenn nun aber einmal mikroskopische Geschöpfe so hoch in der Atmosphäre der Erde schweben: so können sie auch gelegentlich, z. B. etwa unter Attraction vorüberfliegender Kometen oder Aërolithen, in den Weltraum gelangen und dann auf einem bewohnbar gewordenen, d. h. der gehörigen Wärme und Feuchtigkeit geniessenden anderen Weltkörper aufgefangen, sich durch selbsteigene Thätigkeit weiter entwickeln."

Unabhängig von Richter haben zwei Physiker ersten Ranges die gleiche Vermuthung ausgesprochen: William Thomson[1]) und Helmholtz[2]).

Helmholtz sagt: „Ja, wenn Erde und Sonne regungslos erstarren sollten, wer weiss zu sagen, welche neue Welten bereit sein werden, Leben aufzunehmen. Die Meteorsteine enthalten zuweilen Kohlenwasserstoffverbindungen; das eigene Licht der Kometenköpfe zeigt ein Spectrum, welches dem des elektrischen Glimmlichtes in kohlenwasserstoffhaltigen Gasen am ähnlichsten ist. Kohlenstoff aber ist das für die organischen Verbindungen, aus denen die lebenden Körper aufgebaut sind, charakteristische Element. Wer weiss zu sagen, ob diese Körper, die überall den Weltraum durchschwärmen, nicht auch Keime des Lebens ausstreuen, so oft irgendwo ein neuer Weltkörper fähig geworden ist, organischen Geschöpfen eine Wohnstätte zu gewähren. Und dieses Leben würden wir sogar vielleicht dem unserigen im Keime verwandt halten dürfen, in so abweichenden Formen es sich auch den Zuständen seiner neuen Wohnstätte anpassen möchte."

Der nächstliegende Einwand, der gegen den kosmischen Ursprung der Lebewesen auf unserer Erde sich erheben lässt, ist

1) W. Thomson, Eröffnungsrede der brit. Naturforscherversammlung zu Edinburg im Herbst 1871. Diese Rede ist mir im Original nicht zugänglich.

2) Helmholtz, „Populär-wissenschaftliche Vorträge". Heft 3, S. 135. Braunschweig, Vieweg. 1876. Helmholtz hatte schon vor Thomson in einem im Frühling 1871 in Heidelberg und Cöln gehaltenen Vortrage die Ansicht vom kosmischen Ursprunge des Lebens vertreten.

der, die Temperatur im Weltraum sei so niedrig — 273° C. unter 0° —, dass die Keime, mögen sie nun an einem Meteorstein haftend oder frei im Aether schwebend in den Bereich der Anziehung unseres Planeten gelangt sein, vorher erfroren sein müssten.

Dagegen gebe ich zu bedenken, dass die einfachsten Organismen, insbesondere im Sporenzustande erfahrungsgemäss sehr niedrige Temperaturen zu ertragen vermögen. Raoul Pictet und E. Yung[1]) kühlten mittelst flüssiger schwefliger Säure und flüssigen Stickoxyduls Bacterien bis auf — 130° C. ab und fanden, dass selbst bei dieser Temperatur noch einige Species derselben leben blieben. — Warum sollte es nicht auch Dauersporen geben, welche die Reise durch den kalten Weltraum überleben?

Ein anderer Einwand gegen den kosmischen Ursprung des Lebens auf unserer Erde ist das genaue Gegentheil des vorigen. Der bekannte Physiker und Astronom J. C. F. Zoellner[2]) sagt: „Wenn daher jener mit Organismen bedeckte Meteorstein auch beim Zertrümmern seines Mutterkörpers mit heiler Haut davon gekommen wäre und nicht an der allgemeinen Temperaturerhöhung Theil genommen hätte, so müsste er doch nothwendig erst die Erdatmosphäre passirt haben, ehe er sich seiner Organismen zur Bevölkerung der Erde entledigen konnte."

Helmholtz[3]) erwidert darauf: „Nun wissen wir erstens aus häufig wiederholten Beobachtungen, dass die grösseren Meteorsteine bei ihrem Fall durch die Atmosphäre sich nur in ihrer äussersten Schicht erhitzen, im Inneren aber kalt oder sogar sehr kalt bleiben. Alle Keime also, die etwa in Spalten derselben steckten, wären vor Verbrennung in der Erdatmosphäre geschützt. Aber auch die oberflächlich gelegenen würden doch wohl, wenn sie in die allerhöchsten und dünnsten Schichten der Erdatmosphäre gerathen, längst durch den gewaltigen Luftzug herabgeblasen sein, ehe der Stein in dichtere Theile der Gasmasse gelangt, wo die Compression gross genug wird, um merkliche Wärme zu erzeugen. Und was andererseits den Zusammenstoss zweier Weltkörper betrifft, wie ihn Thomson annimmt, so werden die ersten Folgen davon gewaltige mechanische Bewegungen sein, und erst

1) R. Pictet et E. Yung, Comptes rendus. T. 98. p. 747. 1884.
2) Zoellner, „Ueb. die Natur der Kometen". Leipzig 1872. S. XXVI.
3) Helmholtz, l. c. S. 139.

in dem Maasse, als diese durch Reibung vernichtet werden, entsteht Wärme. Wir wissen nicht, ob das Stunden oder Tage oder Wochen dauern würde. Die Bruchstücke, welche im ersten Moment mit planetarischer Geschwindigkeit fortgeschleudert sind, können also ohne alle Wärmeentwicklung davon kommen. Ich halte es nicht einmal für unmöglich, dass ein durch hohe Schichten der Atmosphäre eines Weltkörpers fliegender Stein oder Steinschwarm einen Ballen Luft mit sich hinausschleudert und fortnimmt, der unverbrannte Keime enthält."

Noch möchte ich an neuere Versuche erinnern, nach denen gewisse Dauersporen thatsächlich Temperaturen bis 110° C., ja bis 140° C. ertragen, ohne dass ihre Fortpflanzungsfähigkeit erlischt.[1])

Das Räthsel der Urzeugung ist also bis auf den heutigen Tag ungelöst. Wir wissen nicht, wie die erste Zelle auf unserem Planeten entstanden ist, und haben keinen zwingenden Grund anzunehmen, dass sie überhaupt auf unserem Planeten entstanden sei. Ja, wir müssen die Möglichkeit zugeben, dass die lebenden Zellen überhaupt niemals aus todtem Stoffe entstanden, sondern ewig seien. Der Begriff der räumlichen und zeitlichen Grenze ist überhaupt nur die Ausgeburt menschlicher Beschränktheit.

So weit unsere Beobachtung reicht, gehen alle lebenden Wesen aus bereits vorhandenen lebenden Wesen hervor. Die Fortpflanzung ist für uns kein besonderes, kein neues Räthsel. Sie fällt zusammen mit einem anderen Räthsel, mit der räthselhaften Erscheinung des Wachsthums. Die Fortpflanzung ist von dem Wachsthum nicht wesentlich verschieden, sie ist nach dem Ausspruch Karl Ernst von Baer's (1792—1876) nichts Anderes, als *„das Wachsthum über die Schranke des Individuums hinaus"*.

Zwischen blossem Wachsthum und Fortpflanzung giebt es alle Uebergänge. Wenn sich eine Zelle theilt in zwei Zellen, und die beiden sich trennen und ein gesondertes Dasein führen, so wird man von einer Fortpflanzung reden. Der Theilung der ganzen Zelle aber geht eine Theilung des Kernes voraus. Wenn nun diese beiden Kerne beisammen bleiben in der gemeinsamen Pro-

1) Koch u. Wolffhügel, Mittheilungen des k. Gesundheitsamtes. Bd. I. 1881. Max Wolff, Virchow's Arch. Bd. 102. S. 81. 1885.

toplasmamasse, dann redet man nicht von einer Vermehrung oder Fortpflanzung, sondern nur von einem Wachsthum. Einer solchen Erscheinung begegnen wir häufig. So sehen wir z. B. ein einzelliges Wimperinfusor, die im Froschdarm lebende Opalina ranarum, die anfangs einkernig ist, indem sie wächst, allmählich vielkernig werden. Solche mehrkernige Zellen finden sich auch in unserem Organismus: ich erinnere an die mehrkernigen Riesenzellen des Knochenmarkes, die wahrscheinlich durch Wachsthum der Leukocyten entstehen, an die mehrkernigen Epithelzellen z. B. in der Harnblase u. s. w. Die Caulerpa, eine Meeresalge, ist eine einzige riesige Zelle, 8,5 Cm. lang, differenzirt in einen kriechenden Stamm, aufrechte Blätter und Wurzelauszweigungen. In dem Protoplasma dieser Zelle sieht man unzählige Kerne mit dem Protoplasma zwischen den Zellwänden strömen.

Ein weiteres Uebergangsstadium vom Wachsthum zur Fortpflanzung haben wir vor uns, wenn sich nicht blos die Kerne theilen, sondern auch der Protoplasmaleib, die Zellen aber beisammen bleiben, ihre Protoplasmaleiber sich aneinander legen und wahrscheinlich noch gewisse Functionen — Aufnahme, Circulation und Assimilation der Nahrungsstoffe — gemeinsam verrichten. Wenn wir dieser Erscheinung bei den niedrigsten Organismen begegnen, so reden wir von einer Vermehrung, einer Fortpflanzung und Coloniebildung. Wenn wir aber derselben Erscheinung in unseren Geweben begegnen, so reden wir nicht von einer Fortpflanzung, sondern von einem Wachsthum.

Die Colonie einzelliger niedriger Organismen wird den höheren Organismen ähnlicher, sobald sich die Zellen nach dem Princip der Arbeitstheilung differenziren, wenn sie verschiedene Functionen übernehmen. So kann ein Theil der Zellen die Funktion übernehmen, die bei ihrer Theilung neugebildeten Zellen abzustossen und einem selbständigen Dasein zu überlassen. Dann haben wir besondere Keimzellen, besondere Fortpflanzungsorgane. Und doch ist der Vorgang von dem des einfachen Wachsthums nicht wesentlich verschieden.

Ein weiteres Uebergangsstadium von der Colonie zum höheren Organismus, vom Wachsthum zur Zeugung entsteht nun dadurch, dass sich die Keimzellen in der Colonie gleichfalls differenziren in Eizellen und Samenzellen, wie wir es z. B. bei gewissen Vol-

vocineen sehen. Hier erfolgt die Verschmelzung der männlichen und weiblichen Keimzelle, die sogenannte Conjugation, und aus der Theilung der so gebildeten Zelle geht die neue Colonie hervor.

Eine Conjugation tritt übrigens bekanntlich auch bei vielen der niedrigsten, nicht in Colonien lebenden, einzelligen Wesen auf, bei gewissen Rhizopoden, z. B. bei den Difflugien und bei gewissen Wimperinfusorien.[1]) Bei einigen dieser conjugirenden Infusorien sind die beiden conjugirenden Individuen nicht gleich, so bei Vorticella microstoma (Glockenthierchen), wo das eine viel kleinere Individuen frei schwimmt, das andere grössere festsitzt, gleichsam Männchen und Weibchen, Samenthierchen und Ei.

Andererseits beobachtet man die geschlechtslose Zeugung bei vielen hochorganisirten und geschlechtlich differenzirten Pflanzen und Thieren. Ich erinnere an die Parthenogenesis der Insecten. Die Trauerweide, die am Ende des vorigen Jahrhunderts nach Europa eingeführt wurde, hat sich bis auf den heutigen Tag nur durch Stecklinge fortgepflanzt. Zwei alte Culturpflanzen, die Feige und die Banane, sind seit Jahrhunderten nur ungeschlechtlich fortgepflanzt worden. Eine nordamerikanische Wasserpflanze, Elodea canadensis, ist erst Ende der dreissiger Jahre unseres Jahrhunderts nach Europa gebracht worden und zwar nur in weiblichen Exemplaren, hat sich aber so verbreitet, dass sie in den Flüssen Norddeutschlands die Schifffahrt erschwert. Man trifft immer nur weibliche Exemplare. Ein kleines Stengelstück, jedes Internodium ist fähig, Knospen und Wurzeln zu treiben.

Die Conjugation, die geschlechtliche Zeugung ist also etwas Unwesentliches. Das Wesentliche ist die Zeugung durch Theilung einer Zelle, die vom Wachsthum nicht verschieden ist.

Welche Bedeutung die geschlechtliche Zeugung hat, wissen wir nicht. Wir haben darüber nur Vermuthungen. (Vergl. unten S. 389.) Thatsächlich sehen wir, dass unter nahe verwandten Thieren die einen sich nur geschlechtlich fortpflanzen, die anderen nur ungeschlechtlich, noch andere abwechselnd geschlechtlich und ungeschlechtlich. Es scheint, dass bei den letzteren

1) Ueber die Conjugation vgl. A. Gruber, Ber. d. naturf. Ges. zu Freiburg i. B. Bd. II. 1886. R. Hertwig, Abh. d. k. bayr. Ak. d. W. München 1889. 2. Kl. Bd. 17. Balbiani, Journ. de la phys. 1861. T. 4. Bütschli, Abhandl. d. Senckenberg. Ges. Bd. 10. 1876. Maupas, Arch. de zool. expérimentale et générale. T. 6 et 7. Série 2. 1889.

ab und zu die geschlechtliche Fortpflanzung eintreten muss, dass sie sich nur durch eine begrenzte Zahl von Generationen hindurch ungeschlechtlich fortpflanzen können. Maupas[1]) züchtete Infusorien und isolirte sie nach jeder Theilung; er fand, dass sie so unrettbar zu Grunde gingen. Wohl aber blieben sie erhalten, wenn man sie sich ab und zu conjugiren liess. Hierbei vereinigen sich zwei Individuen nicht definitiv, sondern legen sich nur an einander, schwimmen eine Zeit lang zusammen umher und trennen sich, nachdem sie durch einen complicirten Process einen Theil ihrer Kerne ausgetauscht haben.

Die Nothwendigkeit einer Abwechselung der ungeschlechtlichen Zeugung mit der geschlechtlichen beobachtet man auch bei fast allen parthenogenetisch sich fortpflanzenden Insecten und Krebsen. Durch eine Reihe von Generationen können sie sich ungeschlechtlich fortpflanzen. Von Zeit zu Zeit aber muss die geschlechtliche Zeugung eintreten; sonst werden die Weibchen unfruchtbar.

Die Entwickelung eines hochorganisirten Wirbelthieres vom Ei zum Ei entspricht der Entwickelung einzelliger Infusorien von einer Conjugation durch alle darauffolgenden aus ungeschlechtlicher Theilung hervorgehenden Generationen hindurch bis zur nächsten Conjugation. Dazwischen liegen alle Formen des Generationswechsels bei niederen Metazoën. Der Mensch zeigt also auch einen Generationswechsel. Nur nennen wir bei ihm die ungeschlechtliche Zeugung nicht Fortpflanzung, sondern Wachsthum. Wie wir aber die ungeschlechtliche Zeugung als Wachsthum bezeichnen, können wir auch die geschlechtliche so nennen: ein „Wachsthum über die Schranke des Individuums hinaus".[2])

Die erwähnten Colonien einzelliger Wesen, in denen sich gewisse Zellen zu männlichen und weiblichen Keimzellen differenziren, sind die Vorstufen der Zwitter unter den höheren Thieren. Die hochorganisirten Thiere mit getrenntem Geschlecht stammen

1) Maupas, Arch. de zool. expérimentale et générale. T. 6 et 7. Série 2. 1889.

2) K. E. von Baer. „Ueb. Prof. Nik. Wagner's Entdeckung von Larven, die sich fortpflanzen etc." Bulletin de l'académie de St. Petersburg. T. 9. p. 93. 1866. „Ueb. Entwicklungsgeschichte der Thiere, Beobachtung u. Reflexion". Th. I, S. 150. Königsberg 1828. „Reden". Th. I, S. 44. Ausgabe 2. Braunschweig, Vieweg. 1886. Vergleiche auch Band II dieses Lehrbuches, Vortrag 7.

vielleicht alle von Zwittern ab. Jedenfalls gilt das von den Wirbelthieren, die bekanntlich in der embroyalen Entwicklung alle ein Zwitterstadium durchmachen. Einige Fischgattungen, wie Serranus — dem Barsch verwandt — und Myxine bleiben Zwitter. Die den Wirbelthieren nächstverwandten Wirbellosen, die Tunikaten, sind gleichfalls Zwitter. Also auch hier alle Uebergänge. Es besteht kein wesentlicher Unterschied zwischen dem Wachsthum, der Coloniebildung und der geschlechtlichen Zeugung der höchstorganisirten Thiere. Das Wesentliche an allen diesen Processen ist die **Continuität des Lebens.**

Der Zoologe August Weismann[1]) hat den Satz hingestellt, dass die einzelligen Organismen ewig leben, weil man nie sagen kann, welche Zelle nach der Theilung die Tochter und welche die Mutter sei; jede ist so alt wie das organische Leben überhaupt. Dasselbe gilt aber auch von den höchsten Organismen; jede Zelle unseres Körpers hat ewig gelebt und die Samenzelle oder Eizelle, die sich von den übrigen Zellen trennt, ist nicht jünger als irgend eine der zurückbleibenden. Jede Zelle hat das Recht, zu sagen: ich bin die Urzelle. Wir leben ewig. Dieses gilt auch von denen, die keine directe Nachkommenschaft haben. Sie hängen durch Seitenlinien mit allen kommenden Generationen zusammen. — Die directe Nachkommenschaft der meisten Menschen stirbt nach einigen Generationen aus. —

Die Continuität des Bewusstseins wird scheinbar unterbrochen. Die Continuität des Lebens wird thatsächlich nie unterbrochen.

Die kommenden Generationen sind wir selbst. Wir leben fort in denen, die nach uns kommen. Noch hat keine Religion, wie der Physiologe Victor Hensen[2]) hervorhebt, diesen Gedanken genügend verwerthet. Er wird die Grundlage jeder Religion und Moral der Zukunft sein. Alles Gute, das wir gewirkt im Leben, kommt uns selbst zu Gute. So wird auch die Selbstsucht in den Dienst der Selbstlosigkeit gestellt, und alle Motive wirken zu-

1) Aug. Weismann, „Ueber die Dauer des Lebens". Jena, Fischer. 1882. S. 33ff. Vgl. auch „Ueber Leben u. Tod". Jena, Fischer 1884 und „Amphimxis od. die Vermischung der Individuen". Jena, Fischer. 1891.

2) V. Hensen, Hermann's Handbuch der Physiologie. Bd. 6, Th. 2. S. 3. Leipzig, Vogel 1881.

sammen zur Vervollkommnung und Veredelung des Lebens. Auch dem Tode ist der „Stachel“ genommen: der Tod des Individuum vernichtet kein Leben. Die Individuen sterben dahin — Milliarden und aber Milliarden in jeder Secunde. Das Leben aber steht keinen Augenblick still. Was kümmert die Natur das Individuum? Was liegt denn an der Continuität des individuellen Bewusstseins? Wir vergessen die alten Schmerzen, wir erwachen in neuen Formen zu neuem Hoffen, zu neuem Kampf. Ein ewig junger Frühling, ein ewig neues Leben, neue Freuden, endlose Lust!

Sechsundzwanzigster Vortrag.

Fortpflanzung des Menschen.

Unsere letzten Betrachtungen haben uns einen Ueberblick gewährt über die Vorgänge der Zeugung im ganzen Thier- und Pflanzenreiche. Es bleibt uns jetzt noch übrig, die Zeugung beim Menschen und bei den nächstverwandten Thieren etwas eingehender zu besprechen. Die Hauptsachen sind Ihnen aus der Morphologie bekannt. Ich will nur Einiges über die neueren physiologischen Forschungen auf diesem Gebiete hinzufügen.

Die Abstossung des Eies beim menschlichen Weibe vollzieht sich in monatlichen Perioden. Das schliesst man aus folgenden Gründen. Thatsächlich tritt die Menstruation, die Blutung der Uterusschleimhaut in monatlichen Perioden auf. Nun lässt sich zeigen, dass die Zahl der abgestossenen Eier mit der Zahl der eingetretenen Menstruationen zusammenfällt. Ein 18 jähriges Mädchen, das erst 6 mal menstruirt war, stirbt an Phthisis. Bei der Section findet man auf den Ovarien fünf deutliche und eine zweifelhafte Narbe.[1]) In zwei anderen Fällen wurden 36 Menstruationen und 34 Narben, 24 Menstruationen und 22 Narben constatirt.[2]) Dass die Zahl der Narben etwas kleiner ist als die Zahl der Menstruationen erklärt sich daraus, dass sich die ältesten Narben verwischt haben. *Es fällt also auf jede Eiablösung eine Menstruation.* Es fragt sich nur, ob beide Processe auch zeitlich zusammenfallen, oder, falls sie zeitlich getrennt sind, welcher Process vorausgeht und wie gross die Zwischenzeit ist. Diese Fragen bleiben vorläufig unentschieden, denn das abgestossene unbe-

1) Jul. Steinhaus, „Menstruation und Ovulation in ihrer gegenseitigen Beziehung". Leipzig 1890.

2) Eine Zusammenstellung solcher Beobachtungen findet sich bei P. Strassmann, Arch. f. Gynäkologie. Bd. 52, S. 152. 1896.

fruchtete Ei ist beim Menschen nur einmal gesehen worden, und zwar von dem berühmten Anatomen Hyrtl. Dieser sagt: „An dem Ovarium eines gesunden Mädchens, welches während der ersten Menstruation eines zufälligen Todes starb, fand ich den geplatzten Folliculus Grafii 5''' im längsten Durchmesser haltend und ein Ei von 0,13 mm Durchmesser im Eileiter.“ [1]) Eine genauere Beschreibung dieser Beobachtung Hyrtl's findet sich bei Bischoff.[2]) Die beiden Angaben stimmen nicht ganz überein. Bei Bischoff heisst es, das 17 jährige Mädchen habe die zweite Menstruation am 8. Oct. bekommen und sei am 11. gestorben, das Ei habe sich im Uterintheil der linken Tube gefunden. Da wir nun nicht wissen können, wie lange Zeit das Ovulum gebraucht hat, um dorthin zu gelangen, so lässt sich aus dieser Beobachtung über die Zeit, welche zwischen Ovulation und Beginn der Menstruation verfliesst, nichts Sicheres schliessen.

Eine weitere Frage ist nun die: findet ein Causalzusammenhang zwischen beiden Processen statt? Welcher ist die Ursache, welcher die Wirkung?

Exstirpirt man die Ovarien, so bleibt die Menstruation aus. Nicht aber umgekehrt; Exstirpation des Uterus hebt die Ovulation nicht auf. Dieses ist in neuerer Zeit durch zahlreiche chirurgische Operationen am Menschen festgestellt worden. *Die Abstossung des Eies ist also die Ursache, die Uterusblutung die Wirkung.*

Diese Wirkung kommt nicht etwa dadurch zu Stande, dass das Ovulum einen Reiz auf die Uterusschleimhaut hervorbringt. Das ersieht man schon aus der erwähnten Beobachtung Hyrtl's: Noch war das Ovulum nicht bis in den Uterus gelangt, und doch hatte die Menstruation bereits vor 3 Tagen begonnen. Es ergiebt sich aber auch aus zahlreichen pathologischen Befunden: Nach doppelseitigem Verschluss der Tuben besteht die Menstruation fort, solange nur die Ovarien erhalten sind.[3])

Es muss also der Zusammenhang zwischen den Ovarien und dem Uterus entweder durch das Nervensystem vermittelt werden oder durch Stoffe, die von den Ovarien in's Blut und mit diesem zum Uterus gelangen. Gegen diese letztere Annahme spricht die

1) Hyrtl, Lehrb. d. Anatomie. Aufl. 12. Wien. Braumüller. 1873. S. 708.

2) Th. L. W. Bischoff, Zeitschr. f. rationelle Med. N. F. Bd. 4. S. 155. 1854.

3) Strassmann, l. c. S. 168.

folgende von Gusserow[1]) an einer Doppelmissbildung, einem verwachsenen Zwillingspaar, gemachte Beobachtung: Zwei Mädchen sind am Rücken mit einander verwachsen; die Blutgefässe beider communiciren mit einander; die Menstruation aber tritt sehr häufig zu verschiedenen Zeiten ein. Der folgende Versuch dagegen spricht für die Annahme, dass von den Ovarien abgegebene Stoffe den Zusammenhang vermitteln, dass es sich um einen Vorgang der sogenannten inneren Sekretion handelt. (Vergl. Bd. II. Vorles. 36.) J. Halban[2]) exstirpirte vier Pavianweibchen die Ovarien und transplantirte sie in das grosse Netz oder unter die Haut oder zwischen Fascie und Bauchmuskeln. In zweien der Versuche blieb die Menstruation erhalten und sistirte erst, als die transplantirten Ovarien exstirpirt wurden.

Es fragt sich nun: welche Bedeutung hat die Menstruation? Für das Zustandekommen der Conception und der Anlagerung des Eies an die Uteruswand scheint sie nicht nothwendig zu sein. Das beweisen 1. die Fälle von Conception während der Lactation ohne vorausgegangene Blutung, 2. die allerdings nur seltenen Fälle, wo eine bereits klimakterische Frau schwanger wird, 3. die Fälle, wo ein noch nicht menstruirtes Individuum concipirt. Dieses letztere ereignet nicht selten in Ländern, wo Kinderheirathen etwas Alltägliches sind, wie in Indien.

Mit der Menstruationsperiode fällt eine Reihe anderer Veränderungen im Organismus zusammen: „Temperatur, Puls, Blutdruck, Wärmestrahlung, Lungencapacität, Reactionszeit des Kniereflexes befinden sich in wellenförmiger Bewegung; ihre Energie ist im Allgemeinen vor Beginn der menstrualen Blutung gesteigert, nimmt dagegen vor oder mit Beginn der Blutung ab".[3]) Auch das

---

1) Gusserow, „Ueber Menstruation u. Dysmenorrhoe". Sammlung klinischer Vorträge. Nr. 81. 1874.

2) J. Halban. Sitzungsber. d. Wiener Acad. Math.-natw. Klasse. Bd. 110. Abth. III. S. 71. 1902.

3) P. Strassmann, l. c. S. 135. Dort die Quellenlitteratur zusammengestellt. Vgl. auch Wilhelm Fliess, „Die Beziehungen zwischen Nase und weiblichen Geschlechtsorganen". Leipzig und Wien, Deuticke. 1897. Der unglücklich gewählte Titel hat gewiss Viele vom Lesen dieses originellen und interessanten Buches abgehalten. Vgl. ferner Herm. Swoboda, „Die Perioden des menschlichen Organismus". Leipzig und Wien, Deuticke. 1904 und Giles, Transact. of the obst. soc. of London. Vol. 39. P. II. p. 115. 1897.

ganze Seelenleben des Weibes nimmt Theil an dieser Wellenbewegung. Insbesondere lässt sich feststellen, dass das Gemüth des Weibes zur Zeit der Menstruation reizbarer ist als sonst, dass es zum Affect, zu gewaltthätiger Reaction geneigt ist. In einem Gefängnisse wurde festgestellt, dass von 80 weiblichen Personen, die wegen Widersetzlichkeit gegen die Polizei oder wegen Körperverletzung verhaftet waren, nur 9 zur Zeit ihres Vergehens nicht im Zustande der Menstruation gewesen waren.[1]) Diese Wellenbewegung in allen Lebensfunctionen findet vor der Pubertät und nach dem Klimakterium nicht statt.

Th. Schrader[2]) fand, dass die Eiweisszersetzung vor den Menses herabgesetzt ist. Diese Angabe hat B. Schöndorff[3]) durch sorgfältige Stoffwechselversuche an einer Hündin in Pflüger's Laboratorium bestätigt. Während der Brunst — die als Analogon der Menstruation betrachtet wird — stellte sich ein bedeutendes Deficit in den Stickstoffausscheidungen heraus; es wurde also eine grosse Menge Eiweiss im Körper aufgespeichert, offenbar als Nahrungsvorrath für die Frucht.

Diese Periode, welcher die Wiederkehr aller genannten Erscheinungen unterworfen ist, dauert im Durchschnitt 28 Tage, also nahezu ebenso lange wie der Mondwechsel — $29^1/_2$ Tag —. Sollte das Zufall sein? Darwin hat die kühne Vermuthung ausgesprochen, die 28tägige Periode sei auf unsere Abstammung von Meeresbewohnern zurückzuführen, und erinnert an die durch die Anziehung des Mondes bewirkten Springfluthen. Darwin[4]) sagt: „Die Bewohner des Meeresstrandes müssen von den Fluthzeiten bedeutend beeinflusst werden; Thiere, welche entweder an der mittleren Fluthgrenze oder an der mittleren Ebbegrenze leben, durchlaufen in vierzehn Tagen einen vollständigen Kreislauf von verschiedenen Fluthstunden. In Folge hiervon wird ihre Versorgung mit Nahrung Woche für Woche auffallenden Veränderungen unterliegen. Die Lebensvorgänge solcher, unter diesen

1) C. Lombroso e G. Ferrero, „La donna delinquente". 2ª Edizione. Torino, Roux. 1894. p. 373. Vgl. Nacke, Arch. f. Psychiatrie. Bd. 28, S. 169. 1896.

2) Theodor Schrader, Z. f. klin. Med. Bd. 25, S. 72 1894.

3) B. Schöndorff, Pflüger's Arch. Bd. 67, S. 418. 1897.

4) Ch. Darwin's gesammelte Werke, deutsch von J. Victor Carus. Bd. 5. Die Abstammung des Menschen. S. 215. Stuttgart, Schweizerbart. 1875. Vgl. Wilh. Fliess, c. l.

Bedingungen viele Generationen hindurch lebender Thiere können kaum anders als in regelmässigen wöchentlichen Perioden verlaufen. Es ist nun eine mysteriöse Thatsache, dass bei den höheren und jetzt auf dem Lande lebenden Wirbelthieren ebenso wie in anderen Klassen, viele normale und krankhafte Processe Perioden von einer oder von mehreren Wochen haben; diese würden verständlich werden, wenn die Wirbelthiere von einem mit den jetzt zwischen den Fluthgrenzen lebenden Ascidien verwandten Thiere abstammten. Viele Beispiele solcher periodischen Processe könnten angeführt werden, so die Trächtigkeit der Säugethiere, die Dauer fieberhafter Krankheiten etc. Das Ausbrüten der Eier bietet ebenfalls ein gutes Beispiel dar; denn Mr. Bartlett zufolge („Land and Water". Jan. 17, 1871) werden Taubeneier in zwei Wochen ausgebrütet, Hühnereier in drei, Enteneier in vier, Gänseeier in fünf und Straussenеier in sieben. Soweit wir es beurtheilen können, dürfte eine wiederkehrende Periode, falls sie nur annäherungsweise die gehörige Dauer für irgend einen Vorgang oder eine Function hatte, sobald sie einmal erlangt war, nicht leicht einer Veränderung unterliegen; sie könnte daher fast durch jede beliebige Anzahl von Generationen überliefert werden. Wird aber die Function verändert, so würde auch die Periode abzuändern sein und würde auch leicht beinahe plötzlich um eine ganze Woche ändern. Diese Schlussfolgerung würde, wenn sie als richtig erfunden würde, höchst merkwürdig sein; denn es würden dann die Trächtigkeitsdauer bei einem jeden Säugethiere, die Brütezeit aller Vogeleier und viele andere Lebensvorgänge noch immer die ursprüngliche Geburtsstätte dieser Thiere verrathen."

Ein sehr merkwürdiges Beispiel für die Abhängigkeit des Lebens der Meeresbewohner von den Mondphasen ist das Geschlechtsleben des Palolowurmes, Eunice viridis. Dieser grosse, einen halben Meter lange, getrennt geschlechtliche Gliederwurm lebt in den Korallenriffen der Südsee. Zu ganz bestimmten Jahreszeiten, in den Monaten October und November und zwar stets an dem Tage vor dem letzten (abnehmenden) Viertel des Mondes oder an dem Tage des Viertels selbst und stets zu einer ganz bestimmten Tagesstunde um vier Uhr morgens trennt sich die hintere Hälfte der geschlechtsreifen Würmer mit den Geschlechtsorganen von der vorderen, der Kopfhälfte und gelangt in unermesslichen Schaaren an die Oberfläche des Meeres.

Die kopflosen Abschnitte entleeren die Geschlechtsprodukte und verschwinden wieder bald nach Sonnenaufgang. Die Eingeborenen der Samoa-Inseln wissen Tag und Stunde des Erscheinens voraus und finden sich ein, um die Würmer, die als Leckerbissen gelten, einzufangen. Zugleich mit dem Palolowurm sind noch drei andere Wurmarten beobachtet worden, die, wie es scheint, gleichfalls zum Zweck der Fortpflanzung an der Oberfläche des Wassers auftauchen. Besonders merkwürdig aber ist es, dass auch im atlantischen Ocean — in der Nähe der Südspitze von Florida — ein dem Palolo ganz ähnlicher Wurm vorkommt, der zwar nicht in denselben Monaten, sondern im Juli, aber gleichfalls um die Zeit des letzten Mondviertels an der Meeresoberfläche erscheint.[1])

Für die Abstammung des Menschen von Wasserbewohnern spricht noch eine andere Erscheinung im Geschlechtsleben des Weibes: die auffallend grosse Zahl der Eier in den Ovarien, die niemals zur Entwicklung gelangen. Der Anatom Henle[2]) berechnete die Zahl der Eier in dem Ovarium eines 18jährigen Mädchens auf 36000, also in beiden Ovarien zusammen auf 72000. Bei den Fischen hat bekanntlich eine solche Verschwendung einen Zweck, beim Menschen nicht. Die Zeit von der ersten Menstruation bis zum Klimakterium dauert nur ca. 30 Jahre; es werden also nur $30 \times 12 = 360$ Eier abgestossen. Mehr als 71000 kommen niemals zur Entwicklung. Wozu sind sie angelegt? Eine Erklärung finden wir nur in der Descendenzlehre.

Gegen die Annahme, dass auch die 28tägige Periode im Leben des menschlichen Weibes aus der Descendenzlehre im Sinne Darwin's zu erklären sei, scheint die Thatsache zu sprechen, dass bei den anderen Säugethieren, die doch die gleiche Abstammung von Meeresbewohnern haben, die Brunst — die als Analogon der Menstruation betrachtet wird — nicht monatlich auftritt. Aber, wenn man bei gewissen Thieren zur Brunstzeit die Conception verhindert, so schwinden die Erscheinungen der Brunst, um genau nach vier Wochen wiederzukehren. Dieses ist bei Affen, Pfer-

1) Siehe Benedict Friedländer, Die medicinische Woche. No. 38 u. 39. 1901 und Biologisches Centralblatt. Bd. 21, S. 312 u. 352. 1901, Dort auch die frühere Litteratur über den Palolowurm citirt.

2) J. Henle, Handb. d. systematischen Anatomie des Menschen. Bd. 2, S. 483. Braunschweig, Vieweg. 1866.

den und Kühen beobachtet worden.[1]) Es spricht aber gegen die Vermuthung Darwin's von dem Zusammenhange mit dem Mondwechsel vor Allem die Thatsache, dass es meist eine 28 tägige Periode ist, die im Geschlechtsleben vieler Thiere eine Rolle spielt und nicht die Periode des Mondwechsels von $29^1/_2$ Tagen.[2])

Das Fehlen einer bestimmten Brunstzeit beim Menschen ist vielleicht die Folge der Civilisation, der unnatürlichen Lebensbedingungen, die uns dem Zusammenhange mit der Natur immer mehr entziehen. Vielleicht aus demselben Grunde ist auch bei gewissen Hausthieren, z. B. beim Esel und bei der Ziege, besonders in südlichen Gegenden, der Geschlechtstrieb an keine Jahreszeit gebunden. Eine Andeutung der Brunstzeit beim Menschen ist vielleicht in der Thatsache zu finden, dass die meisten Conceptionen auf die Monate Mai und Juni fallen.

Ueber die Menstruation bei den menschenähnlichsten Thieren, bei den Affen, liegen aus neuester Zeit mehrere Arbeiten[3]) vor. Die Resultate aber sind leider sehr dürftig, weil es vorläufig noch nicht gelungen ist, die grossen Schwierigkeiten zu überwinden, die sich der Beobachtung der Affen unter natürlichen Bedingungen entgegenstellen.

Wir müssen uns nun die Frage vorlegen: Wo und wie kommt es zur Vereinigung des Ovulum mit der Samenzelle? Bei der Beantwortung dieser Frage müssen wir vor Allem die grosse Resistenzfähigkeit und Lebenszähigkeit der Samenzellen in Betracht ziehen. Sie können lange Zeit in der Vagina, dem Uterus und den Eileitern leben bleiben, und wir müssen daher die Möglichkeit einräumen, dass zwischen der Begattung und der Conception oft eine lange Zeit verfliesst. Die Spermatozoën warmblütiger Thiere lassen sich im Brütofen acht Tage lang am Leben erhalten. Der Gynäkologe Dührssen[4]) in Berlin berichtet folgenden Fall: eine Patientin ist bereits neun Tage auf der Klinik

1) V. Hensen in Hermann's Handb. d. Physiol. Bd. 6. Th. 2. S. 68. 1881.

2) Vgl. Wilh. Fliess, l. c. und Svante Arrhenius. Skandinavisches Archiv f. Physiologie. Bd. 8, S. 367. 1898.

3) J. Bland Sutton, British gynaecological Journ. Vol. 2. 1880. W. Heape, Phil. Transactions. Vol. 185. B. p. 411. 1894. Griffith and Heape, Obst. Soc. London. Vol. 40. 1898.

4) A. Dührssen, Sitzungsber. d. Ges. f. Geburtshülfe u. Gynäkologie zu Berlin, 19. Mai 1893.

gewesen und wird darauf wegen Pyosalpinx operirt; man findet in der linken, weniger erkrankten Tube lebende Spermatozoën. Der letzte Coïtus hatte angeblich vor $3^1/_2$ Wochen statt gehabt. Die Samenzellen hatten also in den Geschlechtstheilen der Patientin wenigstens neun Tage, ja, wenn man den Angaben der Patientin Glauben schenkt, $3^1/_2$ Wochen gelebt.

Bei gewissen Fledermäusen erhalten sich die Samenzellen lebend in den Geschlechtstheilen der Weibchen vom Herbste, der Paarungszeit, bis zum Frühling, der Zeit der Ovulation.[1]) Bei der Bienenkönigin bleibt das aufgenommene Sperma im Receptaculum seminis über drei Jahre befruchtungsfähig. Die Bienenkönigin lebt vier bis fünf Jahre und begattet sich nur einmal im Leben auf ihrem Hochzeitsfluge bald nach ihrem Ausschlüpfen.

Die Kraft, mit der die Samenzellen sich fortbewegen, ist überraschend gross. Th. L. W. Bischoff[2]) (1807—1882) fand bei Kaninchen 9—10 Stunden nach der Begattung die Samenzellen bereits auf dem Eierstocke. Man glaubte früher, sie würden passiv fortbewegt durch die Flimmerzellen, welche die Schleimhaut des Uterus und der Tuben auskleiden. Neuere Forschungen[3]) aber haben gezeigt, dass das Gegentheil der Fall ist: die Flimmerbewegung des weiblichen Genitalcanals treibt nicht zum Ovarium hin, sondern — wie die Flimmerbewegung aller mit der Aussenwelt communicirenden Leibeshöhlen im ganzen Thierreiche — nach aussen hin. Man könnte daher glauben, dass die Samenzellen gleichsam gegen den Strom schwimmen müssen, dass sie durch active Bewegungen ihres Schwanzes sich vorwärts schieben und so den weiten Weg zurücklegen. Eine solche Einrichtung könnte sogar als zweckmässig erscheinen. Man könnte meinen, es handle sich auch hier um ein Mittel der geschlechtlichen Zuchtwahl, um einen Sieg des Stärksten im geschlechtlichen Wettkampfe. Millionen rennen nach dem gleichen Ziele, dem Ovulum; die stärkste Samenzelle erreicht es zuerst. Indessen ist dieses nur eine kühne Vermuthung. Noch hat keines Menschen Auge

1) Ed. van Beneden, „La maturation de l'oeuf, la fécondation etc.“ Bruxelles 1875. Arch. de Biol. T. I. 1880.

2) Th. L. W. Bischoff, „Beweis der von der Begattung unabhängigen periodischen Reifung und Loslösung der Eier der Säugethiere u. des Menschen etc.“ Giessen, Ricker. 1844. S. 8.

3) Hofmeier, Centralbl. f. Gynäkologie. 1893. S. 764.

gesehen, wie die Befruchtung des menschlichen Eies zu Stande kommt. Einige Autoren, die den Samenfäden durchaus keine active Function beim Aufsuchen des Ovulum zugestehen wollen, nehmen an, dass nur diejenige kleine Menge des Sperma in den Uterus gelange, welche bei der Ejaculation direct in den Cervicalcanal hineingetrieben werde, und dass diese durch antiperistaltische Bewegungen des Uterus und der Tuben weiter befördert werde zu den Ovarien. Dagegen scheint aber die Thatsache der bisweilen vorkommenden Conception bei unverletztem Hymen zu sprechen. Einige Autoren vermuthen eine nachträgliche, vom Uterus ausgeübte Saugwirkung. Gegen diese Vermuthung ist geltend gemacht worden, dass zugleich mit dem Samen auch Bacterien — von denen der Vaginalschleim wimmelt — aspirirt werden müssten, während das normale Cavum uteri doch thatsächlich stets bacterienfrei gefunden wird.

Wenn man also eine solche Aspiration nicht annehmen will, so bleibt nichts übrig, als zu glauben, dass die Spermatozoïden wirklich im Stande sind, durch die ganze Vagina zu schwimmen und dann gegen den Strom der Flimmerepithelien durch den Uterus und die Tuben bis zum Ovarium.

Wo in der Regel die Befruchtung statt hat, ist noch unentschieden. Dass sie bisweilen erst auf den Ovarien zu Stande kommt, beweisen die seltenen Fälle von Ovarialschwangerschaft. Es folgt daraus aber vorläufig noch nicht, dass dieses die Regel sei.

Ebensowenig wie über den Ort, sind wir über die Zeit der Befruchtung unterrichtet. Wir wissen nicht, ob der Same, welcher zwischen zwei Ovulationen in den weiblichen Genitalcanal gelangt, das Ei der vorhergegangenen Ovulation befruchtet oder das der darauf folgenden, mit anderen Worten, ob das Ei auf die Samenzelle wartet, oder umgekehrt die Samenzelle auf das Ei, oder ob beides vorkommt.

Nach Analogie dessen, was man an niederen Thieren beobachtet, müssen wir annehmen, dass das Ei immer nur von einer einzigen Samenzelle befruchtet werde. Die Kerne beider Zellen verschmelzen, und darauf beginnt die Furchung.

Dass die Befruchtung wirklich nur durch die Samenzelle zu Stande kommt, dass bei allen geheimnissvollen Vorgängen der Liebe wirklich nichts Anderes vom Vater auf das Kind übergeht, als die eine einzige, winzige kleine Zelle, von der 500 Millionen

kaum den Raum einer Kubiklinie ausfüllen, das lehrt unzweifelhaft die Thatsache der künstlichen Befruchtung, die zuerst an vielen Thieren und schliesslich auch am Menschen gelungen ist.

Die ersten Versuche hat der italienische Abbate Lazzaro Spallanzani[1]) (1729—1799) ausgeführt, und seine Resultate an Kaltblütern sind tausendfach bestätigt und bekanntlich sogar praktisch im Grossen verwerthet worden in der künstlichen Fischzucht.

Auch an Säugethieren ist die künstliche Befruchtung bereits mehrfach gelungen. Spallanzani injicirte das Sperma eines Hundes in die Vagina einer Hündin und sah diese trächtig werden und Junge gebären. Dieses Resultat wurde von Rossi[2]) bestätigt. In neuester Zeit hat E. Ivanoff[3]) die künstliche Befruchtung mit Erfolg an Meerschweinchen, Kaninchen und Hunden ausgeführt. Er entnahm das Sperma der Epididymis der Männchen, mischte es mit einer $^1/_2$procentigen Sodalösung und injicirte die Mischung in die Vagina. Er bewies so zugleich die Entbehrlichkeit des Prostata- und Samenblasensecretes für die Befruchtung.

Einen interessanten Befruchtungsversuch an Hunden hat ferner Dr. Plönnis[4]) in Rostock ausgeführt. Er injicirte das Sperma eines 43 Kgr. schweren Neufundländers in die Vagina eines $5^1/_2$ Kgr. schweren Seidenhündchens. — Eine normale Begattung dieser beiden Thiere wäre eine mechanische Unmöglichkeit gewesen. — Nach 60 Tagen warf die kleine Hündin drei Junge. Das Erstgeborene blieb in der Scheide stecken und wurde von Dr. Plönnis herausgezogen. Es war ein wohlausgebildetes männliches Hündchen von 295 Gr. Gewicht, aber todt. Die beiden folgenden Jungen kamen ohne Hülfe zur Welt. Das grössere weibliche wog 270 Gr., das kleinere männliche 200 Gr. Das weibliche Junge erreichte bereits nach zwei Monaten das Gewicht der Mutter

1) L. Spallanzani, Dissertazioni di fisica animale e vegetabile. Modena 1780. Volumne II.

2) Rossi, Opuscoli scelti. Vol. V. p. 96. Dieses Werk ist mir nicht zugänglich.

3) Elie Jvanoff. Journal de Physiologie et de Pathologie générale. T. 2. p. 95. 1900. Biologisches Centralbl. Bd. 23, S. 640. 1903.

4) Dr. Plönnis, „Künstliche Befruchtung einer Hündin nebst Untersuchungen über Entleerung des Samens u. Gehalt desselben an Spermatozoën". Diss. Rostock 1876. Vgl. M. Albrecht. Wochenschr. f. Thierheilkunde und Viehzucht. Jahrg. 39. S. 205. 1895.

und war im Alter von vier Monaten doppelt so schwer. Das männliche Junge schlug mehr nach der Mutter und wuchs viel langsamer.

Schliesslich ist die künstliche Befruchtung ein Mal — aber auch nur ein einziges Mal — beim Menschen gelungen. J. Marion Sims (1813—1883), der weltberühmte Frauenarzt in New York, hatte sich vielfach vergeblich bemüht, in Fällen von Sterilität durch künstliche Injection von Sperma direct in den Cervicalcanal eine Conception zu erzielen. Schliesslich gelang es. Es handelte sich um einen Fall von Sterilität in Folge einer Retroversion des Uterus mit Hypertrophie der hinteren Wand und einer indurirten, conischen Cervix mit contrahirtem Canal, besonders am Os internum. Dieser Patientin injicirte Sims in den Cervicalcanal hinein einen halben Tropfen von dem Sperma ihres Gatten, welches nach dem Coitus in der Vagina zurückgeblieben war. Diese Operation wurde im Laufe von 12 Monaten 10 Mal ausgeführt. Endlich erfolgte die Conception, und alles verlief glücklich bis zum vierten Monat. Dann trat in Folge eines Falles ein Abort ein.[1])

Ein sehr geschickter Frauenarzt, George Harley, Professor am University-College in London († 1896) hat, wie Sims mittheilt [2]), die künstliche Befruchtung oft versucht, aber stets ohne Erfolg, und Sims selbst sagt: „Ich habe diese Versuche gänzlich aufgegeben und gedenke dieselben nicht wieder aufzunehmen."

Im Jahre 1883 hatte ein Arzt in Bordeaux die künstliche Befruchtung an einer Frau ausgeführt, aber ohne Erfolg. Er forderte trotzdem ein Honorar von 1500 Franken und klagte wegen Nichtbezahlung vor Gericht. Dieser Fall kam in der Sitzung vom 10. Dec. 1883 in der Société de Médecine legale de France zur Verhandlung. In der dabei geführten Discussion findet man die Gründe für und wider die künstliche Befruchtung, sowie die Methode der Ausführung besprochen.[3])

1) J. Marion Sims, „Klinik der Gebärmutter-Chirurgie mit besonderer Berücksichtigung der Behandlung der Sterilität. Deutsch von H. Beigel. Aufl. 3. Erlangen, Enke. 1873. S. 311—314.

2) Sims, l. c. p. 311.

3) Annales d'hygiène publique et de médecine légale. Série 3. Tome 11. p. 89—98. 1884.

Siebenundzwanzigster Vortrag.

Vererbung.

Dass alle körperlichen und geistigen Eigenschaften bis auf die kleinsten Eigenthümlichkeiten von jedem der Eltern auf das Kind sich vererben können, ist Jedem, der mit offenen Augen durch's Leben geht, aus tausendfacher Beobachtung bekannt. Unsere letzten Betrachtungen haben uns gezeigt, dass diese Vererbung durch eine einzige Zelle zu Stande kommt. Diese Thatsache ist wohl unter all den Wundern, denen wir im Lebensprocesse begegnen, das grösste. Alle Versuche, eine Erklärung dafür zu finden, sind gescheitert.

Der bekannteste Versuch dieser Art ist Darwin's Theorie der „Pangenesis"[1]). Darwin denkt sich, dass sehr kleine Keime — noch unendlich viel kleiner als die Zellen — aus allen Organen in die Keimzellen — Ei und Samenzelle — gelangen. Aus jedem dieser kleinen Keime entwickelt sich das entsprechende Organ der Nachkommen, so dass es dem der Eltern ähnlich wird.

Eine Stütze schien diese Theorie in der erwähnten, an niederen Thieren beobachteten Thatsache zu finden, dass der Kern der Samenzelle mit dem der Eizelle verschmilzt, und darauf die Theilung des Kernes beginnt. Jede weitere Zelltheilung beginnt wiederum mit der Kerntheilung, so dass in jeder Zelle unseres Körpers ein Theil des Kernes vom Vater und ein Theil von der Mutter stammt, somit jede Zelle Eigenschaften beider Eltern erbt.

Th. Boveri[2]) prüfte die Stichhaltigkeit dieser Lehre durch Versuche an Seeigeln. Er zeigte, dass Seeigeleier auch ohne Kerne

---

1) Charles Darwin, „The variation of animals and plants under domestication". Vol. II. Chapter XXVII. p. 357. London, J. Murray. 1868.

2) Th. Boveri, Archiv f. Entwicklungsmechanik der Organismen. Bd. 2, S. 394. 1895.

sich entwickeln. Durch mechanisches Schütteln können die Seeigeleier zerstückelt werden. Die kernlosen Stücke nehmen allmählich wieder Kugelgestalt an, und diese Kugeln werden noch von den Spermatozoën befruchtet und entwickeln sich bis zu dem als Pluteus bezeichneten Stadium. — Weiter hat man die Entwicklung von Seeigeleiern in Glasbehältern bisher überhaupt nicht gebracht. — Die Frage, ob bei der Entwicklung der kernlosen Eier nur die väterlichen Eigenschaften vererbt werden oder auch die mütterlichen, suchte Boveri durch Bastardbildungen zu entscheiden. Die kernlosen Eier wurden mit den Spermatozoën einer anderen Seeigelspecies befruchtet. Bisher aber blieb die Frage noch unentschieden, ob der so gebildete Bastardpluteus Eigenschaften beider Species zeigte. Nach den letzten und sorgfältigsten Versuchen schien es, dass nur väterliche Eigenschaften vererbt waren.

Gegen die ganze Theorie der Pangenesis aber hat der Zoologe August Weismann[1]) geltend gemacht, dass die **erworbenen Eigenschaften nicht erblich** seien. Nach der Theorie der Pangenesis müssten wir erwarten, dass jede Veränderung, die im Leben eines Individuum an irgend einem Organ sich vollzieht, mit den hypothetischen kleinen Keimen auf die Keimzelle und mit dieser auf die Nachkommenschaft sich übertrage. Eine solche Uebertragung aber konnte bisher nicht nachgewiesen werden. Trotz vielfacher Bemühungen hat man bisher an keinem Beispiele zeigen können, dass eine im individuellen Leben erworbene Eigenschaft sich vererbe.

Weismann schnitt 12 Mäusen — 7 Weibchen und 5 Männchen — die Schwänze ab und züchtete in fünf Generationen 849 Mäuse von diesen 12 schwanzlosen Eltern: keine kam schwanzlos zur Welt; sämmtliche Schwänze hatten bei den ausgewachsenen Thieren die normale Länge.

Noch schlagendere Experimente sind die Circumcision der Juden, die künstliche Verkrüppelung der Füsse bei den Chinesen, die bei vielen Völkerschaften übliche Durchbohrung der Nase, Ohren, Lippen. Alle diese Verstümmelungen, obgleich durch

1) Aug. Weismann, „Aufsätze über Vererbung und verwandte biologische Fragen". Jena 1892. Vgl. auch „Die Allmacht der Naturzüchtung. Eine Erwiderung an Herbert Spencer". Jena, Fischer 1893.

viele Generationen ohne Unterbrechung fortgesetzt, sind niemals erblich.

Zu Gunsten der entgegengesetzten Lehre, der Lehre von der Vererbung erworbener Eigenschaften, hat man das folgende aprioristische Argument in's Feld geführt. Man hat gesagt: wenn thatsächlich die Geschlechtsorgane auf alle anderen Organe einen Einfluss ausüben, warum nicht auch umgekehrt die anderen Organe auf die Geschlechtsorgane und die Keimzellen? Wenn man die Geschlechtsorgane exstirpirt, so ändern sich die übrigen Organe und die psychischen Functionen. Das weiss jeder Viehzüchter. Von Alters her wird die Castration angewandt, um Mastvieh zu züchten oder die Lastthiere geduldiger zu machen.

Ueber den Einfluss der Castration auf die Psyche, auf die Organe und Functionen des Körpers hat man auch an Menschen sehr zahlreiche Beobachtungen gemacht, denn zu allen Zeiten ist die freiwillige Castration geübt worden. So waren die Priester der Göttin Cybele, deren Cultus aus Phrygien in Kleinasien nach Griechenland und später nach Rom verpflanzt wurde, castrirt. Unter dem Einfluss der christlichen Lehre entstanden um die erste Hälfte des dritten Jahrhunderts asketische Secten, welche die Castration auf Grund von Matthäus 19, 12 und 5, 29 u. 30 ausübten. Es scheint, dass es im ganzen ersten Jahrtausend unserer Zeitrechnung in den östlichen Provinzen des römischen Reiches Geistliche aller Rangklassen gab, die castrirt waren und für die Castration Propaganda machten, ja höchsteigenhändig castrirten. Von Griechenland gelangte die Verirrung nach Russland durch die griechische Geistlichkeit und hat in der Skopzensecte, die um das Jahr 1757 aus einer christlichen Flagellantensecte hervorging, ihre scheusslichsten Blüthen getrieben. Die russische Regierung hat den Missgriff begangen, diese religiöse Secte mit grausamen Strafen zu verfolgen. Für die Wissenschaft aber hat diese Verfolgung den Nutzen gehabt, dass eine grosse Zahl von Fällen ärztlich untersucht und actenmässig festgestellt wurde. Es sind in Russland vom Jahre 1805—1871 5444 Castrirte aus allen Volksklassen gerichtlich verfolgt worden.[1])

1) E. Pelikan, „Gerichtlich-medicinische Untersuchungen über das Skopzenthum in Russland nebst historischen Notizen". Deutsch von N. Iwanoff, mit 16 Tafeln. Giessen, Ricker. 1876.

Man hätte dort also reichlich Gelegenheit gehabt, die Folgen der Castration genau zu beobachten, ebenso an den Castraten, welche die schönen Sopranstimmen für den Gesang in der Peterskirche zu Rom lieferten. Es sind aber leider die Untersuchungen meist nicht mit der genügenden Genauigkeit und Zuverlässigkeit durchgeführt worden. Nach den vorliegenden Angaben scheint es, dass die charakteristischen Veränderungen des Körpers — weiblicher Kehlkopf, Bartlosigkeit — nur dann auftreten, wenn die Castration in den Kinderjahren ausgeführt wurde. Wurde sie dagegen erst nach Eintritt der Pubertät ausgeführt, so behielten die Castraten ihre männliche Stimme, ihren Bart, ja sogar die Potentia coeundi. Es soll in Rom Bordelle gegeben haben, wo Castraten Weiber befriedigten, weil so nicht blos die Gefahr der Conception vermieden wurde, sondern weil die Castraten auch häufigere und anhaltendere Erectionen haben als normale Männer.[1])

In neuester Zeit hat Conrad Rieger[2]), Professor der Psychiatrie in Würzburg, sich eingehend mit der Frage nach den Folgen der Castration beschäftigt. Er war ersucht worden, ein ärztliches Gutachten über eine Frage der Unfallsentschädigung abzugeben. Ein 21 jähriger Bauer hatte durch einen Unfall, durch eine zufällige mechanische Verletzung, beide Testikel verloren. Rieger untersuchte diesen Mann in seinem 28. Lebensjahre und konnte keinerlei Störungen oder Abnormitäten in seinem körperlichen und psychischen Zustande erkennen. Nur der Bartwuchs war „sehr schwach" und der Geschlechtstrieb war nach Aussage des Mannes erloschen: „er versicherte bestimmt, dass er überhaupt keinen Geschlechtstrieb mehr habe, keine Erectionen und auch keine sexuellen Gedanken." Diese Aussage muss bezweifelt werden, weil der Verstümmelte eine Unfallsentschädigung forderte.

Rieger beruft sich zur Begründung seiner Ansicht, dass die Castration Erwachsener die Gesundheit, die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit nicht beeinträchtige, auf drei historisch gut beglaubigte Beispiele, auf den Kirchenvater Origenes, den Feld-

1) Pflüger in seinem Archiv, Bd. 15: „Die teleologische Mechanik der lebenden Natur". S. 82 u. 83. 1877. Dort sind die Quellen für diese Angaben citirt.

2) Conrad Rieger, „Die Castration". Jena, Fischer 1900. Vgl. P. J. Möbius. „Ueber die Wirkung der Castration". Halle, Marhold 1903. Dort findet man eine werthvolle Zusammenstellung der Litteratur.

herrn Narses und den Philosophen Abélard. Die drei Beispiele beweisen, dass hohe geistige Leistungen und männliches Heldenthum ohne Testikel möglich sind.

Was nun die Frage nach den Folgen der Castration beim weiblichen Geschlechte betrifft, so liegen uns leider gar keine Beobachtungen über die Folgen der Castration bei Kindern weiblichen Geschlechtes vor. An Frauen nach der Pubertätsentwicklung sind in neuerer Zeit bekanntlich sehr zahlreiche Exstirpationen der Ovarien ausgeführt und die Folgen genau beobachtet worden. Eine Zusammenstellung dieser Beobachtungen hat Dr. Ernst Alterthum [1]) veröffentlicht. Er kommt zu dem Schlusse, dass „die vollständige Entfernung der Keimdrüsen durchaus nicht die schädlichen Folgen auf das geistige und körperliche Befinden der Frau ausübt, wie man vielfach angenommen hat".

Wir sehen also, dass das aus den Folgen der Castration geschöpfte Argument gegen die Lehre Weismann's sehr wenig stichhaltig ist. Die Anhänger Weismann's sagen: beim geschlechtsreifen Individuum haben die Geschlechtsorgane keinen Einfluss auf die übrigen Organe; es liegt daher auch kein Grund vor, einen Zusammenhang im umgekehrten Sinne anzunehmen und zu glauben, dass Veränderungen, die ein ausgewachsenes Individuum an irgend einem Organe oder dessen Functionen erwirbt, sich auf die Geschlechtsorgane und die Keimzellen übertragen.

Ich will indessen nicht unerwähnt lassen, dass ein Einfluss eines anderen Organes auf die Geschlechtsorgane auch bei ausgewachsenen Thieren doch nachgewiesen worden ist, nämlich der Einfluss der Schilddrüse (siehe Bd. II Vortrag 36 am Schlusse). Eine Vererbung aber wurde auch bei diesen Versuchen nicht nachgewiesen.

Weismann hat gegen die Annahme einer Uebertragung erworbener Eigenschaften auf den Keim auch das folgende interessante Argument in's Feld geführt. Die sogenannten Arbeiter und Soldaten im Ameisen-, Termiten- und Bienenstaate sind bekanntlich geschlechtslos. Diese geschlechtslosen Thiere haben besondere Organe, die als Arbeitswerkzeuge und als Waffen dienen

---

1) Dr. Ernst Alterthum, Beiträge zur Geburtshülfe u. Gynäkologie. Bd. II. S. 13. 1899. Dort findet sich eine Zusammenstellung der Litteratur. Vgl. auch Sänger, „Die Castration bei Kühen". Monatsschrift f. Geburtshülfe und Gynäkologie. Bd. 5, S. 193. 1897.

und die den Weibchen und Männchen fehlen. Wie haben nun diese Organe sich ausgebildet? Sicher nicht durch Vererbung erworbener Eigenschaften, denn die Arbeiter und Soldaten können ja nichts vererben, sie sind geschlechtslos. Von den Weibchen und Männchen können die Arbeitsorgane und Waffen nicht ererbt worden sein, denn diesen fehlen sie.

Gegen diese Argumentation Weismann's könnte man noch den folgenden Einwand erheben; er ist aber schon etwas gesucht. Man könnte sagen: wir kennen ja nicht die Ahnenreihe der jetzigen Bienen und Ameisen; die geologischen Schichten haben wenig davon erhalten. Wir müssen daher die Möglichkeit zugeben, dass die Organe und Functionen, welche jetzt auf die Weibchen und die verkümmerten Weibchen, die geschlechtslosen Arbeiter und Soldaten vertheilt sind, früher in einem Individuum vereinigt waren, welches zugleich vollkommen entwickelte Geschlechtsorgane, Arbeitswerkzeuge und Waffen besass. Von diesem Individuum würden sowohl die jetzigen Arbeiter als die Weibchen ihre Eigenschaften geerbt haben, und diese Eigenschaften konnten sehr wohl erworbene gewesen sein. Nach Analogie alles dessen aber, was wir über die divergirende Entwicklung und Differenzirung wissen, ist dieses nicht wahrscheinlich. Es ist viel wahrscheinlicher, dass die Arbeitswerkzeuge und Waffen bei den jetzigen Arbeitern und Soldaten vollkommener ausgebildet sind als bei den Weibchen, von denen sie abstammen, dass sie somit diese Organe auf eine ganz unerklärliche Weise erlangt, jedenfalls nicht ererbt haben.

Gegen die Lehre Weismann's hat H. Schiess[1]) sich auf die Vererbung der Myopie berufen. In 300 Fällen von Myopie liess sich 144 mal, also nahezu in der Hälfte der Fälle, Erblichkeit constatiren. In vielen Fällen, meint Schiess, sei die Myopie eine erworbene Eigenschaft, und beruft sich insbesondere auf seine Beobachtungen an den Schülern im Seminar des Baseler Missionshauses. Diese stammten meist aus ländlichen Familien, in denen die Kurzsichtigkeit unbekannt sei. Viele von ihnen aber würden im Seminar, wo sie „in wenigen Jahren ein sehr grosses Wissensmaterial assimiliren müssen“, kurzsichtig. Die Kurzsichtigkeit sei also erworben und erblich.

Dagegen wird man einwenden, dass die Kinder der Kurz-

1) H. Schiess, Biologisches Centralblatt. Bd. 8, S. 26—28. 1888.

sichtigen ja nicht kurzsichtig geboren werden. Was sie erben, ist nur die Disposition zur Kurzsichtigkeit, die vielleicht nur ein Symptom einer allgemeinen Schwäche, einer Resistenzlosigkeit gegen Erkrankungen aller Art ist.

Dass die Disposition zu Erkrankungen sich vererbt und dass diese Disposition von den Eltern erworben sein kann durch abnorme Lebensweise, insbesondere durch Vergiftungen mit Alkohol[1]) etc., ist nicht zu bestreiten. Es ist aber bisher noch niemals sicher nachgewiesen worden, dass irgend eine erworbene bestimmte Aenderung eines bestimmten Organes, oder eine erworbene bestimmte Veränderung bestimmter Functionen des Körpers und Geistes sich vererben.

Zum Schluss kann ich die Bemerkung nicht unterdrücken, dass Viele unter den Gegnern Weismann's nicht frei von Tendenz sind. Es ist ein natürlicher Wunsch jedes Menschen, der für den sittlichen und intellectuellen Fortschritt seiner Mitmenschen arbeitet, der seine Freude hat an der Vervollkommnung und Veredelung unseres Geschlechtes, dass die Früchte seiner Arbeit nicht auf die Wenigen beschränkt bleiben, auf die er zu wirken sucht, sondern allen späteren Generationen zu Gute kommen, dass die Sisyphosarbeit der Erziehung nicht an jedem Individuum auf's Neue müsse begonnen werden. Weismann's Lehre vernichtet erbarmungslos all' diese Wünsche und Hoffnungen. — Die Wahrheit müssen wir ertragen. — Allen fortschrittsfreudigen Menschen aber diene zum Troste, dass es ein weit wirksameres Mittel zur Vervollkommnung und Veredelung des Menschengeschlechtes giebt als die fragliche vererbte Erziehung. Es ist die **Zuchtwahl.** Man wirke mit allen Kräften dahin, dass Menschen mit schlechtem Charakter, mit mangelhaften Gaben, mit erblicher Disposition zu Erkrankungen nicht zur Fortpflanzung gelangen, und dass die edelsten, uneigennützigsten, weitherzigsten, talentvollsten, intelli-

1) Ueber die Vererbung der durch den Alkoholismus erworbenen Disposition zu Erkrankungen aller Art siehe Legrain, „Hérédité et Alcoolisme". Paris 1891. Vgl. Demme, „Ueb. d. Einfluss des Alkohols auf den Organismus des Kindes". Stuttgart 1891. A. Forel, Internationale Monatsschrift zur Bekämpfung der Trinksitten. Jahrgang 9, S. 260. 1899. G. v. Bunge, „Die zunehmende Unfähigkeit der Frauen, ihre Kinder zu stillen, die Ursachen dieser Unfähigkeit, die Mittel zur Verhütung". München. E. Reinhardt. 1900. Aufl. 4. 1905 und Virchow's Archiv. Bd. 175, S. 185. 1904.

gentesten und zugleich gesunden Menschen die zahlreichsten Nachkommen haben.

Ich kehre nun noch einmal zu der Frage zurück, welche Bedeutung die geschlechtliche Zeugung hat, welchen Vorzug sie gewährt vor der ungeschlechtlichen.

Eine Antwort, die man versucht hat, ist folgende. Kein Individuum ist vollkommen, auch die Keimzelle nicht. Der kleinste Mangel aber muss bei der fortschreitenden Entwicklung des Keimes immer deutlicher, immer störender hervortreten. Die Mängel der Keimzellen aber werden ausgeglichen und beseitigt, wenn sich zwei Keimzellen vereinigen und jede die unvollkommeneren Theile abstösst, die vollkommeneren beibehält. — Es kommt nur Alles darauf an, dass bei den beiden Keimzellen nicht die gleichen Theile mit Mängeln behaftet sind. Nur wenn die Mängel an ungleichen Theilen haften, ist der Ausgleich möglich.

Die Wahrscheinlichkeit dafür, dass die Mängel der beiden Keimzellen an den gleichen Theilen haften, ist um so grösser, je näher die Erzeuger der Keimzellen mit einander verwandt sind. Deshalb ist in der Natur dafür gesorgt, dass eine Conjugation von nahe verwandten Keimzellen nicht zu Stande kommt.

Die Abneigung gegen die Geschlechtsgemeinschaft mit nahen Verwandten wird schon an einzelligen Wesen beobachtet. Maupas[1]) züchtete aus einem ursprünglichen Exemplar durch fortgesetzte Theilung eine Cultur von einzelligen Infusorien. Niemals aber sah er Individuen derselben Cultur sich conjugiren. Wohl aber kam es sofort zur Conjugation, wenn er die Individuen der einen Cultur mit denen einer anderen derselben Species zusammentreffen liess. Bei den meisten Zwittern im Thier- und Pflanzenreiche sind Vorkehrungen getroffen, welche die Selbstbefruchtung verhindern.

Diese Abneigung gegen die Geschlechtsgemeinschaft mit Verwandten besteht auch beim Menschen. Die Ehe zwischen nahen Blutsverwandten — Geschwistern oder Eltern und Kindern — ist bei fast allen Völkern durch Religion oder Gesetz verboten, und selbst bei den Völkern, die kein derartiges Verbot haben, kommt eine solche Geschlechtsgemeinschaft nur selten vor; es scheint,

---

1) E. Maupas, Arch. de zool. expér. et génér. Série 2. T. 6 et 7. 1888 et 1889.

dass ein starker Instinct dagegen sich auflehnt.[1]) Dagegen ist die Ehe zwischen Geschwisterkindern und selbst zwischen Onkel und Nichte oder Tante und Neffe in den meisten Staaten erlaubt. Die Statistik aber lehrt, dass an den Kindern aus solchen Ehen gewisse Krankheiten, insbesondere Nervenkrankheiten — Hysterie, Epilepsie, Idiotismus, Taubstummheit, Retinitis pigmentosa etc. — relativ häufiger auftreten als an Kindern aus anderen Ehen.[2])

Man hat dagegen eingewandt, es handle sich hier nur um Erblichkeit, nicht um Schädlichkeit der Blutsverwandtschaft; eine Ehe zwischen ganz gesunden Blutsverwandten sei ungefährlich.

Dieser Einwand aber wird hinfällig durch die statistische Thatsache, dass die Taubstummheit und die Retinitis pigmentosa bei Kindern aus der Ehe Blutsverwandter auffallend häufig auftreten, auch wenn die Eltern und Grosseltern nicht daran gelitten, und dass diese Gebrechen häufiger auftreten bei Ehen zwischen Onkel und Nichte oder Tante und Neffe, als bei Ehen zwischen Geschwisterkindern, deren Blutsverwandtschaft geringer ist.[3])

Aber, auch wenn die Ansicht richtig wäre, dass es sich nur um Erblichkeit handele, und dass die Blutsverwandtschaft unschädlich sei, so sollten dennoch Ehen zwischen Blutsverwandten in allen Fällen gemieden werden, weil 1. kein Mensch ganz gesund ist und eine geringe krankhafte Beanlagung beider Eltern sich bei der Nachkommenschaft summirt und potenzirt, und weil 2. wir über den Stammbaum und die Gebrechen aller Vorfahren niemals genau unterrichtet sind. — Es ist lehrreich, zu beobachten, wie selbst Aerzte über schwere erbliche Leiden ihrer eigenen Eltern und Grosseltern oft gar nicht unterrichtet sind.

Die Warnungen vor den Ehen zwischen Blutsverwandten scheinen nicht erfolglos geblieben zu sein. In Preussen hat die Zahl solcher Ehen in den letzten Jahren bedeutend abgenommen.[4])

---

1) Eine Zusammenstellung der Litteratur über diese Frage findet sich bei E. Westermarck, „Geschichte der menschlichen Ehe". Deutsch aus dem Englischen von Katscher u. Grazer. Jena, Costenoble. 1893.

2) C. Ludwig Herrlinger, „Ueb. d. Aetiologie der Retinitis pigmentosa mit besonderer Berücksichtigung der Heredität und der Consanguinität der Eltern". Diss. Tübingen, Pietzcker. 1899. Dort eine sehr fleissige Zusammenstellung der Quellenlitteratur.

3) Eine Zusammenstellung dieser Statistiken findet sich bei Scherbel, „Ueber Ehen zwischen Blutsverwandten". Aufl. 2. Berlin, Steinitz. 1896.

4) Scherbel, l. c. S. 46.

Achtundzwanzigster Vortrag.

Regeneration.[1])

Nächst dem grossen Räthsel der Vererbung ist die wunderbarste Erscheinung, der wir in den Lebensprocessen begegnen, der Vorgang der Regeneration.

Die Regeneration ist eine dem Wachsthum und der Zeugung verwandte Erscheinung. War die Zeugung ein „Wachsthum über die Schranke des Individuum hinaus", so ist die Regeneration ein Wachsthum zum Zweck des Wiederersatzes von Verlusten, die das Individuum an seinen Körpertheilen erlitten hat.

Diese Fähigkeit der Regeneration wird schon an einzelligen Organismen beobachtet. Wenn man Infusorien künstlich theilt, so sieht man beide Theile wachsen, sich ergänzen und in höchstens 24 Stunden ihre normale ursprüngliche Form wiedererlangen. Es kommt nur darauf an, dass jeder Theil sowohl ein Stück vom Kern als auch vom Protoplasma habe. Der Zellkern ohne Protoplasma kann sich nicht regeneriren, ebensowenig das Protoplasma ohne ein Stück vom Kern.[2]) Dagegen sieht man ein Protoplasmastück alle anderen Lebensfunctionen auch ohne Kern noch längere

1) Zur vorläufigen Orientirung auf diesem Gebiete und zur ersten Einführung in die sehr umfangreiche Litteratur seien dem Anfänger die folgenden zwei interessanten Abhandlungen empfohlen. Yves Delage, „La structure du protoplasma et les théories sur l'hérédité et les grands problèmes de la biologie générale". Paris, Reinwald. 1895. Chapitre I. „La régeneration". p. 92 bis 102 und Aug. Weismann, „Thatsachen und Auslegungen in Bezug auf Regeneration". Anat. Anzeiger. Bd. 15. S. 445. 1899.

2) M. Nussbaum, Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 26. S. 485. 1886. Dort findet sich die ältere Litteratur über die künstliche Theilung der einzelligen Thiere zusammengestellt.

Zeit verrichten. A. Gruber[1]) und E. G. Balbiani[2]) zeigten an mehreren Infusorienarten, dass Theilstücke ohne Kern noch zwei bis drei Tage fortleben, dass die Flimmerbewegung, Contractionen von Vacuolen, Nahrungsaufnahme, Verdauung und Ausscheidung von Fäces auch ohne Kern am blossen Protoplasmastück zu Stande kommen, dass der Kern aber unentbehrlich ist für die Regeneration.

Hans Driesch[3]) hat gezeigt, dass, wenn man die vier ersten Furchungskugeln eines Seeigeleies künstlich trennt, jede einzelne Furchungskugel für sich allein entwicklungsfähig ist, dass aus jeder einzelnen der normale Seeigel sich entwickelt bis zu dem Pluteus genannten Entwicklungsstadium.

Das auffallend vollkommene Regenerationsvermögen der Süsswasserpolypen war schon im 18. Jahrhundert bekannt. Abraham Trembley[4]) (1710—1784) war bei seinen Untersuchungen an der Hydra im Zweifel, ob er es mit Thieren oder mit Pflanzen zu thun habe. Er suchte die Frage durch das Experiment zu entscheiden. Er meinte, wenn es Pflanzen seien, so müsste ein abgeschnittenes Stück, gleichsam ein Steckling, weiter wachsen. Er überzeugte sich, dass er die Hydra in viele Stücke zerschneiden konnte, und dass jedes einzelne Stück eine neue vollständige Hydra bildete. Erst nachträglich erkannte er, dass die Hydra doch ein Thier sei, und nun erst wusste er, dass es auch Thiere giebt, die sich regeneriren können, wie die Pflanze aus dem Steckling. Zerschneidet man einen Regenwurm, so wird vom Kopftheil der Schwanztheil regenerirt, nicht aber umgekehrt vom Schwanztheil der Kopftheil. Andere Würmer (Planaria, Lumbriculus, Naïs) dagegen kann man in mehrere Stücke zerschneiden, und aus jedem Stück regenerirt sich das ganze Thier.

Die Weinbergschnecke regenerirt ihre Tentakeln und den ganzen vorderen Theil des Kopfes mit Einschluss des Mundes.

1) A. Gruber, Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. 38. S. 66ff. 1883.

2) E. G. Balbiani, Recherches expérimentales sur la mérotomie des infusoires ciliés. Recueil zool. suisse. V. p. 1—72. 1889.

3) H. Driesch, Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. 55, S. 5. 1892. Vgl. J. Loeb, Pflüger's Archiv. Bd. 59, S. 379. 1894.

4) A. Trembley, Mémoires pour servir à l'histoire d'un genre des polypes d'eau douce. Leide 1744.

Wenn man aber die Nervencentren des Kopfes abschneidet, tritt keine Regeneration mehr ein.[1])

Die Krabben regeneriren ihre abgeschnittenen Extremitäten, wenn der Schnitt durch eine bestimmte Stelle in der Nähe der Basis geführt wurde. Ging der Schnitt durch eine andere Stelle, so führen sie selbst einen Schnitt durch jene ganz bestimmte Stelle.

Bei den Tausendfüssern regeneriren sich die Füsse und Antennen, bei den Insecten aber nur im Larvenzustande.

Was nun schliesslich die Wirbelthiere betrifft, so findet man das Regenerationsvermögen am vollkommensten erhalten bei den urodelen Amphibien und bei den Larven der Anuren. Dieses war bereits Spallanzani (1729—1799) bekannt. Er konnte Salamandern, jungen Fröschen und Kröten die Extremitäten abschneiden und sah sie regenerirt werden. Seine Ergebnisse sind in neuester Zeit durch Versuche von Barfurth[2]) bestätigt worden.

Philipeaux[3]) giebt an, dass Tritonen abgeschnittene Arme nur dann regeneriren, wenn das Schulterblatt nicht mit fortgenommen wurde. Es wird ferner angegeben, dass der Triton und der Axolotl die Arme und Beine nicht regeneriren, wenn sie am Schulter- oder Hüftgelenk exarticulirt werden, wohl aber, wenn ein Stück vom Humerus oder Femur übrig bleibt.[4])

Die wunderbarste Regenerationserscheinung an den Amphibien und die wunderbarste Regenerationserscheinung überhaupt ist die Neubildung des **Auges**. Dass sich dieser wundervolle Bau, in dem fast alle Arten der Gewebe vertreten sind, regenerirt, war schon im 18. Jahrhundert bekannt. Charles Bonnet[5]) (1720 bis 1793) wollte im Jahre 1779 die Exstirpation eines Auges am Triton ausführen. Da er noch wenig Uebung in solchen Opera-

---

1) J. Carrière, Studien über die Regenerationserscheinungen bei den Wirbellosen. I. Die Regeneration bei den Pulmonaten. Würzburg 1880.

2) Barfurth, Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen. Bd. I, S. 117. 1894. Dort finden sich sowohl Angaben früherer Litteratur, als auch Abbildungen der regenerirten Glieder. Vgl. auch W. Kochs, Arch. f. mikroskopische Anatomie. Bd. 49, 2. S. 441. 1897.

3) Philipeaux, Comptes rendus. T. 63. p. 576. 1866.

4) Delage, l. c. S. 94.

5) Charles Bonnet, Oeuvres d'histoire naturelle et de Philosophie. T. V., 1ere partie, p. 355—358. Neuchatel 1781.

tionen hatte, gelang es ihm nicht, das ganze Auge zu exstirpiren; er verletzte stark die Membranen des Bulbus, die Linse fiel heraus, und er sah an Stelle des Auges nur noch eine blutige Wunde. Zu seinem Erstaunen fand er nach acht Monaten, dass ein neues Auge in der Bildung begriffen war und nach Ablauf eines Jahres schien das Auge vollkommen regenerirt zu sein. Die Cornea war durchsichtig, wie die des anderen Auges, die Iris wohl geformt und von normaler Farbe. Als der Triton starb, ergab die anatomische Untersuchung, dass das Auge vollständig war, nur kleiner als das andere.

Drei Jahre später wiederholte Johann Friedrich Blumenbach[1]) (1752—1840) diese Versuche. Zunächst exstirpirte er bei drei Tritonen einen Augapfel vollständig, indem er den Opticus an der Eintrittsstelle durchschnitt und das Auge entfernte. In keinem Falle trat Regeneration ein. Bei einem vierten Triton machte er einen Einschnitt in die Cornea, so dass die Linse und der Humor vitreus entleert wurden. Darauf schnitt er noch von den Membranen des Bulbus so viel fort, dass kaum $^1/_5$ in der Umgebung des Opticus übrig blieb. Fünf Monate blieb die Augenhöhle durch die Lider geschlossen. Als sie darauf sich öffneten, konnte man einen kleinen Bulbus im Grunde der Orbita erkennen, und als elf Monate nach der Operation das Thier durch einen Zufall umkam, ergab die anatomische Untersuchung, dass das regenerirte Auge zwar kleiner war als das andere, aber doch vollkommen ausgebildet mit durchsichtiger Cornea, normal gefärbter Iris und regelmässig geformter Pupille.

In neuerer Zeit hat Philipeaux[2]) diese Versuche wiederum aufgenommen. In 40 Versuchen zeigte er, dass ein vollständig exstirpirtes Auge nicht regenerirt wird. Wurden dagegen aus einem Einschnitt in die Cornea die Linse und der Glaskörper entleert, so trat schon in 20 Tagen ein vollständiger Ersatz ein, und das Sehvermögen war wieder hergestellt. Wurden nicht blos die Linse und der Glaskörper entfernt, sondern ausserdem noch

1) J. F. Blumenbach, Specimen physiologiae comparativae inter animantia calidi et frigidi sanguinis. Vol. 8. p. 95 oder „Kleine Schriften zur vergleichenden Physiologie und Anatomie und Naturgeschichte gehörig", von Joh. Frdr. Blumenbach. Uebersetzt und herausgegeben von D. Joh. Gottfr. Gruber. Leipzig, Meissner. 1800. S. 128—131.

2) Philipeaux, Gazette médicale de Paris. 1880. Nr. 35. p. 453.

ein Theil von den Wandungen des Bulbus, so trat dennoch Regeneration ein, nur nach längerer Zeit.

Sehr eingehend hat sich darauf mit der theilweisen Exstirpation des Auges Vincenzo L. Colucci[1]), Professor an der Universität zu Pisa, beschäftigt und sich bemüht, den histogenetischen Process bei der Regeneration der einzelnen Theile des Auges, entsprechend den Anforderungen der heutigen mikroskopischen Technik, genauer zu verfolgen. Auch Colucci constatirte zunächst, dass das vollständig exstirpirte Auge nicht regenerirt wird. Wenn aber auch nur der vierte Theil von der Sklerotica und der Chorioidea in der Umgebung des Sehnerven übrig geblieben war, so regenerirten sich alle übrigen Theile des Auges. Die Regeneration aller Gewebe begann gleichzeitig mit alleiniger Ausnahme der Linse. Die Regeneration jedes einzelnen Gewebes nahm ihren Ausgang von den zurückgebliebenen Resten desselben Gewebes durch Vermehrung der zelligen Elemente desselben. Waren aber die aus einem bestimmten Gewebe gebildeten Theile vollständig exstirpirt worden, so vollzog sich die Neubildung in einer der normalen embryonalen Entwicklung analogen Weise. So bildete sich nach vollständiger Exstirpation der Cornea das Epithel der neuen Cornea aus dem Epithel der Conjunctiva palpebrarum.

Die Neubildung der Linse begann immer erst dann, wenn die Iris sich bereits gebildet hatte. Die Bildung ging stets aus von den Epithelzellen, welche die innere Oberfläche der Iris bekleiden und zwar von den Epithelzellen am oberen Rande der Pupille. Colucci sagt, dass er anfangs an der Richtigkeit dieser Beobachtung gezweifelt hatte. Er hatte nach Analogie der normalen Entwicklung erwartet, die Linse müsse sich aus dem Epithel der äusseren Körperoberfläche bilden. Er wiederholte die Versuche in der Erwartung, einen Zusammenhang zwischen der ersten Anlage der Linse und der Entwicklung des Corneaepithels zu entdecken. Aber immer wieder überzeugte er sich auf's Neue, dass die Bildung der Linse von dem Epithel der Iris ausgeht. Diese Thatsache steht insofern nicht im Widerspruche zu der normalen Entwicklung, als das Epithel, welches die Innenfläche der Iris

1) Vincenzo L. Colucci, „Sulla rigenerazione parziale dell' occhio nei tritoni, istogenesi e sviluppo". Memorie della R. accademia delle scienze dell' istituto di Bologna. Serie quinta. Tomo I. p. 593. 1890. Dazu zwei Tafeln.

bekleidet, eine Fortsetzung des Epithels der Retina ist und bekanntlich vom Ektoderm stammt.

Unabhängig von Colucci hat Gustav Wolff[1]) die Regeneration der exstirpirten Linse am Triton studirt und zugleich auf die grosse Bedeutung und Tragweite unserer Kenntnisse von diesem Vorgange für die Kritik des Darwinismus hingewiesen. Es sei mir gestattet, die Ergebnisse der Untersuchungen Wolff's mit seinen eigenen Worten[2]) mitzutheilen:

„Um einen biologischen Vorgang zu finden, in welchem eine Zweckmässigkeit primär, d. h. nicht als ererbt auftritt, versuchte ich, dem Amphibienauge die Linse herauszunehmen, um zu sehen, wie das Thier darauf reagire. Es war von vornherein wahrscheinlich, dass der Wassersalamander, dieser klassische Repräsentant des Regenerationsvermögens unter den Wirbelthieren, den Verlust der Linse in irgend einer zweckmässigen Weise compensiren werde, so dass mit ziemlicher Sicherheit aus diesem Versuch für unsere Frage etwas zu hoffen war, ganz besonders im Hinblick auf die etwaige Möglichkeit völliger Regeneration der Linse. Denn wenn diese erfolgte, so konnte sie ja unmöglich nach dem ererbten Typus der ontogenetischen Entstehung erfolgen, sondern der Organismus musste völlig neue Wege finden, um dieses Gebilde wieder herzustellen, welches, losgelöst von seinem Mutterboden, als ein Fremdling in fremde Umgebung gewandert und mit dieser nur in ganz lockere, äusserliche Verbindung getreten war. Der Versuch zeigte, dass die der Larve und der erwachsenen Form von Triton taeniatus entnommene Linse — medianer Schnitt durch die Cornea, Entbindung durch vorsichtigen Druck auf den Bulbus — nach einigen Monaten vollständig regenerirt ist. Nach Feststellung dieses Thatbestandes war zu ermitteln, auf welchem Wege die Regeneration erfolgt. Als das Wahrscheinlichste konnte vielleicht zunächst erachtet werden die Regeneration aus dem Corneaepithel, weil dieser Weg der ontogenetischen Entstehung am nächsten käme. Bedachte man jedoch, dass in diesem Falle die Epithelzellen die ganze mesodermale Schicht der Cornea,

1) Gustav Wolff, Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen. Bd. I, S. 380. 1895. Vgl. auch Arch. f. mikrosk. An. u. Entwicklungsgesch. Bd. 63, S. 1. 1903.

2) G. Wolff, „Beiträge zur Kritik der Darwin'schen Lehre". Leipzig, Georgi. 1898. S. 67—69.

die vordere Kammer und die Pupillaröffnung zu durchwandern hätten, so konnte diesem Entstehungsmodus wenig Wahrscheinlichkeit zugesprochen werden; es war vielmehr zu vermuthen, dass die Regeneration erfolgte aus Zellen des Augenbechers oder seines Inhalts. Aber was sind denn da noch für Zellen, an welche man denken könnte? Etwa die Retinazellen? Diese waren von vornherein auszuschliessen: so hochdifferenzirte Zellen können sich nicht mehr zum einfachen Epithel zurückbilden. Oder etwa mesodermale Zellen? Dass Bindegewebszellen, welche ja ursprünglich selbst Epithelzellen waren, sich wieder zum epithelialen Verbande ordnen, ist ja in der Embryologie nichts Unerhörtes. Aber doch war die mesodermale Regeneration eines ektodermalen Gebildes kaum zu erwarten. Doch was konnte denn sonst noch in Betracht kommen? Etwa das Epithel der Iris? Sollten Zellen, welche den Beruf haben und bereits ausüben, möglichst undurchsichtig zu sein, diesen Beruf auf einmal, wenn es gerade zweckmässig ist, vertauschen können mit dem denkbar entgegengesetztesten Berufe, möglichst durchsichtig zu sein? Jedenfalls haben wir hier ein ektodermales Epithel, welches den Epithelcharakter des ursprünglichen Hornblattes, aus welchem ontogenetisch die Linse entsteht, noch am reinsten bewahrt hat. Die einzige Differenzirung derselben ist die dichte Pigmentanhäufung in den Zellen. Aber die Wegschaffung von Pigment ist für den Organismus bekanntlich eine Kleinigkeit. Die Linse aus diesem Epithel zu regeneriren, müsste für den Organismus unter allen vorhandenen der einfachste Weg sein. *Und diesen einfachsten Weg wählt der Organismus.* Das innere epitheliale Blatt der Iris verliert sein Pigment, welches von massenhaft herbeieilenden Leukocyten fortgetragen wird, am Pupillarrande wuchert das Epithel, aus diesen Wucherungen entsteht am oberen Rand der Pupille ein Linsensäckchen, und aus diesem Linsensäckchen bildet sich — nunmehr nach vererbtem Typus — die vollständig normale Tritonenlinse."

Diese Versuche Wolff's sind mehrfach wiederholt und bestätigt worden, so von E. Müller[1]), von A. Fischel[2]) u. A.

1) E. Müller, Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. 47, S. 23. 1896.
2) A. Fischel, Anatomische Hefte. Nr. 44. 1900. Vgl. Gustav Wolff, Anatomischer Anzeiger. Bd. 18, S. 136. 1900.

Die Reptilien und Vögel haben ein sehr geringes Regenerationsvermögen. Bei den Reptilien werden abgeschnittene Theile der Extremitäten nicht regenerirt, wohl aber hat man an Eidechsen beobachtet, das der abgeschnittene Schwanz sich regenerirte mit Knorpeln und Wirbelkanal.[1]) An Vögeln hat man die Regeneration abgebrochener Stücke des Schnabels beobachtet.

An Säugethieren und am Menschen hat man die Fähigkeit, ganze Organe zu regeneriren, bisher nicht beobachtet. Wohl aber können fast alle Gewebe regenerirt werden.

Im geringsten Maasse besitzen diese Fähigkeit die Muskeln. Eine Schnittwunde, ein Substanzverlust wird durch Bindegewebe zur Vereinigung gebracht, es bilden sich gleichsam Inscriptiones tendineae, welche die Contraction des Muskels wieder ermöglichen. Unter gewissen Bedingungen ist jedoch ein geringes Regenerationsvermögen auch an Muskeln beobachtet worden, so z. B. nach Quetschungen in der Nähe der Narbe.

Das Regenerationsvermögen der Drüsen wurde bis auf die neueste Zeit bezweifelt. Ponfick[2]) zeigte jedoch, dass die Leber diese Fähigkeit in hohem Grade besitzt. Er exstirpirte Kaninchen einen grossen Theil der Leber und sah den Defect durch Neubildung von Lebergewebe ersetzt werden. Die Thiere lebten über ein Jahr und befanden sich wohl. Ponfick[3]) zeigte ferner, dass auch bei Menschen Verluste an Lebergewebe, die durch Echinococcussäcke entstanden sind, regenerirt werden.

Neumeister[4]) exstirpirte in Ribbert's Laboratorium jungen, noch wachsenden Kaninchen kleine Stücke der Schilddrüse; es entstand zunächst ein gefässreiches Granulationsgewebe; in dieses hinein wucherten Zellenzüge des Drüsengewebes und brachten Neubildung echter Drüsenfollikel hervor.

Weitere Untersuchungen in Ribbert's Laboratorium zeigten, dass bei Kaninchen auch aus der Milz herausgeschnittene

1) H. Müller, Würzburger Verhandlungen. Bd. II, S. 66. 1852.

2) E. Ponfick, Centralblatt f. d. med. Wissensch. Nr. 35. 1889. Virchow's Archiv. Bd. 118, S. 209. 1889. Verhandl. d. X. internat. Congr. zu Berlin. 1890. Bd. 2. Abth. 2. S. 50.

3) E. Ponfick, Festschrift an Virchow. 1891.

4) Neumeister, „Experimentelle und histiologische Untersuchungen über die Regeneration der Glandula thyreoïdea“. Diss. Bonn 1888. Vgl. Ribbert, Virchow's Arch. Bd. 117, S. 151. 1889.

keilförmige Stücke regenerirt wurden.[1]) Dagegen wurden Stücke, die man aus den Ovarien bei Kaninchen und Hunden herausschnitt, nicht regenerirt.[2])

Eine Regeneration von Ganglienzellen konnte bisher an Warmblütern nicht beobachtet werden, wohl aber an Amphibien[3]) und an Wirbellosen.

Nach Durchschneidung der peripheren Nerven stellt sich auch bei Warmblütern und beim Menschen die Leitung wieder her. Dieses darf man sich nicht so denken, dass jeder centrale Axencylinder mit dem zugehörigen peripheren verwachse, weil 1. die Leitung trotz bedeutender Verschiebung der beiden Schnittflächen eintritt, weil sie 2. auch dann noch eintritt, wenn ein mehrere Centimeter langes Stück aus den peripheren Nerven herausgeschnitten wird, und 3. auch wenn längere Zeit — bis zu einigen Monaten, ja einem Jahre — verflossen ist. Man muss sich daher den Process so denken, dass vom centralen Ende her die Axencylinder in die alten Bahnen hineinwachsen.[4])

Zu den Erscheinungen der Regeneration gehört schliesslich überhaupt jede Wundheilung. Auch die Heilung der kleinsten Schnittwunde am Finger ist eines der grössten Wunder, an dem wir nur deshalb achtlos vorübergehen, weil wir es so oft vor Augen hatten. Die Neubildung jedes kleinen Blutgefässes und jedes Gewebselementes ist kaum ein geringeres Wunder, als die Neubildung ganzer Organe. — Die Beschreibung der hochinteressanten Vorgänge, durch welche die Wundheilung zu Stande kommt, übergehe ich hier nur aus rein praktischen Gründen, nach dem Principe der Arbeitstheilung, und überlasse sie den Handbüchern der allgemeinen Chirurgie.

Ueberschauen wir nun noch einmal alle Thatsachen, die wir über die Vorgänge der Regeneration kennen gelernt haben, so können wir im Allgemeinen zwar sagen, dass das Regenerationsvermögen um so geringer ist, je höher die Organisation, aber wir

1) Krebsbach, „Ueb. d. Regeneration der Milz". Diss. Bonn 1889.

2) Schmitz, „Experimentelle und histiologische Untersuchungen über die Regeneration der Ovarien". Diss. Bonn 1889.

3) Colucci beobachtete Regeneration der Retina, l. c.

4) Eine Zusammenstellung der Litteratur über die Nervenregeneration findet sich bei v. Lenhossek, „Der feinere Bau des Nervensystems". Aufl. 2. 1895. S. 101 u. 102.

finden auch viele Abweichungen von dieser Gesetzmässigkeit. Bei den meisten Reptilien ist das Regenerationsvermögen kaum grösser als beim Menschen. Sehr gering ist es bei den Fischen, sehr entwickelt bei den urodelen Amphibien. Die anuren Amphibien dagegen haben kaum ein grösseres Regenerationsvermögen als die Säugethiere. Es ist fast gleich Null bei den Cephalopoden, sehr gering bei den meisten Insecten, ebenso bei einigen Würmern, bei anderen Würmern dagegen sehr entwickelt.[1])

Weismann[2]) macht darauf aufmerksam, dass die Organe, die unter natürlichen Lebensbedingungen am meisten Verletzungen ausgesetzt sind, auch das vollkommenste Regenerationsvermögen haben. So wird z. B. bei den Vögeln, die sonst ein sehr geringes Regenerationsvermögen haben, ein abgebrochenes Schnabelstück vollständig regenerirt, und zwar erstreckt sich die Regeneration nicht blos auf die Hornhautbekleidung, sondern auch auf die abgebrochenen Kieferstücke. Diese Regeneration wurde zwar zunächst nur an Hähnen beobachtet, die bei den von Menschen veranlassten Hahnenkämpfen die Verluste erlitten hatten. Weismann aber vermuthet, dass ähnliche Kämpfe beim geschlechtlichen Wettbewerbe der Vögel in der Natur auch häufig gleiche Folgen haben mögen. Die Glieder des Wassersalamanders besitzen ein grosses Regenerationsvermögen, die inneren, der Verstümmelung nicht ausgesetzten Organe aber nicht: halbirte Lungen wachsen nicht wieder aus, sondern schliessen sich nur.

Weismann macht ferner darauf aufmerksam, dass das Regenerationsvermögen sich auch nach der Wichtigkeit des Organes für die Erhaltung des Lebens richtet. „Die schwachen, fast rudimentären Beine der schlangenartig schwimmenden Molche, Sirenen und Proteus ersetzen sich nicht wieder, wenn sie abgeschnitten werden, wohl aber die nicht selten abgefressenen Kiemen derselben Arten.“ „Die kräftigen und biologisch unentbehrlichen Beine der nicht so lang ausgezogenen Wassersalamander dagegen besitzen ein hohes Regenerationsvermögen.“

Mit diesen zwei allgemeinen Regeln sucht Weismann auch die erwähnte Regeneration des Auges bei den Tritonen in Einklang zu bringen. Die Augen sind nicht nur wichtige Organe,

1) Delage, l. c. S. 95.
2) Aug. Weismann, l. c.

sondern auch exponirt sowohl in den Kämpfen der Amphibien untereinander, als auch bei den Angriffen, denen sie von Seiten der Wasserkäfer unterliegen.

Ribbert[1]) fand, dass bei den Säugethieren das Regenerationsvermögen umgekehrt proportional ist der Fähigkeit zu einer hypertrophischen Compensation. Wenn man einen Hoden oder eine Niere exstirpirt, so bildet sich eine compensatorische Hypertrophie des symmetrischen Organes aus. Das Regenerationsvermögen dieser Organe aber ist fast gleich Null: wenn man ein Stück einer Niere wegschneidet, so regeneriren sich nur einige wenige Harncanälchen. Wenn man dagegen ein Stück einer Speicheldrüse abschneidet, so ist die compensatorische Hypertrophie gleich Null, die Regenaration aber sehr lebhaft[2]).

Weismann macht schliesslich auf eine sehr interessante Thatsache aufmerksam, die vielleicht eine grosse Tragweite hat als Ausgangspunkt für spätere Versuche zur Erklärung des Regenerationsvermögens, auf die Thatsache, dass häufig bei der Regeneration nicht genau der verlorene Körpertheil wieder zum Vorschein kommt, sondern eine phylogenetisch ältere Form. So hat z. B. Barfurth gezeigt, „dass nach Abschneiden der vierfingerigen vorderen Extremität des Axolotl eine fünffingerige, atavistische hervorwächst“.

Es scheint, dass das Regenerationsvermögen von den niederen Thieren, die es in höherem Maasse besassen, ererbt wird, bei der Differenzirung der Organe aber nachhinkt oder auch schliesslich für gewisse Organe gänzlich erlischt. Dazu stimmt auch die Thatsache, dass die Froschlarven in viel höherem Grade das Regenerationsvermögen besitzen als die ausgewachsenen Frösche, und dass bei den Insecten nur die Larven abgeschnittene Theile regeneriren, nicht die entwickelten Thiere.

Die Thatsachen der Regeneration legen der Darwin'schen mechanistischen Erklärung der Entwicklung, der Theorie von der Zuchtwahl im Kampfe um's Dasein, die grössten Schwierigkeiten in den Weg. Die Entstehung eines neuen Organes aus einigen Zellen ist dasselbe Räthsel wie die Entstehung eines neuen

1) H. Ribbert, Arch. f. Entwicklungsmechanik der Organismen. Bd. I. 1894.

2) Delage, l. c. p. 101.

Organismus aus der Eizelle und die Entstehung der ganzen Thier- und Pflanzenreihe aus einem einzelligen Wesen. Die Regeneration, die Ontogenie und die Phylogenie — sie sind ein und dasselbe Räthsel. Will man dieses Räthsel lösen, so mache man sich doch zunächst an diejenigen Vorgänge, die unserer Beobachtung zugänglich sind, an die Ontogenie und die Regeneration, nicht — wie die Darwinisten thun — an die Phylogenie, welche unserer directen Beobachtung unzugänglich ist. Zuerst muss man doch die Succession der Erscheinungen feststellen. Dann erst kann man nach dem Causalzusammenhang forschen. Bei der Regeneration und bei der Ontogenie ist dieser Weg möglich, nicht bei der Phylogenie. Weshalb nehmen die Darwinisten immer zu dem Unerforschlichen ihre Zuflucht, um dann das Erforschliche mit dem Worte Vererbung zur Seite zu schieben und unerforscht zu lassen?

Die Darwinisten lehren, Alles sei klar, nur das Räthsel der Vererbung bleibe noch übrig. Dieses Räthsel der Vererbung aber macht das ganze Räthsel aus, welches die Darwinisten erklärt zu haben glauben. Was vererbt sich denn? Es vererbt sich beim Menschen die Fähigkeit, aus einer Zelle einen Menschen zu entwickeln. Solange man dieses Räthsel, das Räthsel der Ontogenie, nicht lösen kann, kann man das Räthsel der Phylogenie noch viel weniger lösen.

Die Darwinisten erinnern mich immer an Jenen, welcher meinte, das Perpetuum mobile erfunden zu haben: Der ganze grosse, complicirte Apparat steht fertig; Alles stimmt, Alles klappt; es fehlt nur noch ein kleiner Haken, der sich beständig auf und ab bewegt. Der kleine Haken in der Darwin'schen Theorie ist die Vererbung. Was die Theorie erklären will, ist die Entwicklung des Menschen aus einer Zelle. Man glaubt Alles erklärt zu haben. Es fehlt nur noch die Erklärung der Vererbung. Was vererbt sich denn? Es vererbt sich beim Menschen die Fähigkeit, aus einer Zelle einen Menschen zu entwickeln. Also das, was man erklären will, bleibt unerklärt. Man mache den Anfang doch mit dem, was man vor Augen hat. Bei der Ontogenie kann man die Succession aller Entwicklungsstufen verfolgen. Man erkläre den Zusammenhang! Hic Rhodus, hic salta! Hier gestehen alle Darwinisten ihre Unfähigkeit ein. Aber bei der phylogenetischen Entwicklung, von der man gar nichts beobachten

kann, wo die Zwischenstufen fehlen, wo Millionen Jahre die Entwicklungsstadien trennen, da glaubt man die Erklärung gefunden zu haben.

Solange man die Ontogenie und die Regeneration nicht mechanisch erklärt, wird man die Phylogenie noch viel weniger mechanisch erklären.

Neunundzwanzigster Vortrag.

Der Tod.

Die Ansicht, dass der Tod nur äussere Ursachen habe, dass nur die Summation der Stösse von aussen her, die beständig einwirkenden Störungen und Schädlichkeiten die Maschine schliesslich zum Stillstand bringen, ist nicht haltbar. Wir sehen den individuellen Lebensprocess mit typischer Regelmässigkeit sich abwickeln; wir sehen die Kräfte wachsen und dann in gesetzmässiger Stufenfolge abnehmen. Die verschiedene Lebensweise, der Grad der von aussen einwirkenden Schädlichkeiten haben zwar einen Einfluss auf den Verlauf und die Dauer des Lebens, vermögen aber im Grossen und Ganzen die typischen Erscheinungen der progressiven und regressiven Entwicklung nicht zu verdecken.

Vergleichen wir die Lebensdauer verschiedener Säugethiere, so finden wir, dass die Thiere um so länger leben, je langsamer sie wachsen. Je langsamer bergauf, desto langsamer bergab. Das Leben verläuft wie eine Welle, deren Form und Länge im Keime vorausbestimmt ist und von aussen her unter normalen Verhältnissen nur wenig modificirt wird.

Auf der folgenden Tabelle stelle ich die mir bekannten Angaben über die Lebensdauer der Säugethiere zusammen mit den Wachsthumsgeschwindigkeiten. Die erste Zahlenkolonne giebt die Zeiten an, innerhalb welcher sich das Körpergewicht der neugeborenen Thiere verdoppelt.[1] Flourens[2] (1794—1867) bestimmte die Wachsthumsgeschwindigkeit nach dem Alter, in welchem die Ver-

---

1) Vergl. Bunge, „Die zunehmende Unfähigkeit der Frauen, ihre Kinder zu stillen". München, E. Reinhardt. Aufl. 1. 1900. Aufl. 4. 1905.

2) P. Flourens, „De la longévité humaine". Paris, Garnier frères. 1856. p. 86. Deutsch: „Das menschliche Leben in seiner Dauer von mehr als hundert Jahren". Leipzig 1855. S. 55.

	Zeit von der Geburt bis zur Verdoppelung des Körpergewichtes der neugeborenen Tiere in Tagen	Zeit bis zur Verwachsung der Diaphyse mit den Epiphysen in Jahren nach Flourens	Durchschnittliche Lebensdauer nach Flourens	Maximum der Lebensdauer nach Flourens	Durchschnittliche Lebensdauer nach Weismann	Durchschnittliche Lebensdauer nach Brehm	Maximum der Lebensdauer nach Brehm
Mensch	180	20	90—100	152—169			
Kamel		8	40	100			
Pferd	60	5	25	50	40—50		40—46
Rind	47	4	15—20				
Schaf	15				15		
Schwein	14				25 (Wildschwein)	20—30 (Wildschwein)	
Löwe		4	20	60	35	70 in d. Gefangensch.	
Katze	9 1/2	1 1/2	9—10	20			
Hund	9	2	10—12	24			26—30
Hase		1	8		10	7—8	
Meerschweinchen		7 Monate	6—7			6—8	

knöcherungen der Diaphyse und der Epiphysen in den langen Röhrenknochen zusammentreffen und damit das Wachsthum des Skelettes vollendet ist. Dieses Alter des vollendeten Knochenwachsthums soll mit 5 multiplicirt die durchschnittliche Lebensdauer der Thiere geben. (Vgl. die Tabelle.) Der Gedanke, auf diese Weise die Lebensdauer zu berechnen, stammt von Buffon (1707—1788), welcher die Zahl 6—7 als Factor zur Multiplication der Zeit des Knochenwachsthums angenommen hatte. Die Flourens'sche Zahl 5 stimmt für den Menschen, dessen Knochenwachsthum in der That mit 20 Jahren vollendet ist, wenn wir unsere normale Lebensdauer auf 100 Jahre ansetzen, sie stimmt aber nicht für alle Thiere, z. B. nicht für das Pferd, welches mit vier Jahren ausgewachsen ist und jedenfalls häufiger das 50. Lebensjahr erreicht als der Mensch das 100. Das Pferd müsste nach der Berechnung mit Flourens' Factor 5 selten älter werden als 20 Jahre.

Leider sind unsere Kenntnisse sowohl über die Lebensdauer als auch über die Wachsthumsgeschwindigkeit der verschiedenen Thiere sehr dürftig und beschränken sich fast ausschliesslich auf die Hausthiere, die unter abnormen Bedingungen existiren. Bei der Berechnung der durchschnittlichen Lebensdauer müssten natürlich alle die Fälle ausgeschlossen werden, in denen ein Thier an einer Krankheit oder eines gewaltsamen Todes stirbt. Es sollten aber auch alle diejenigen Fälle ausgeschlossen werden, in welchen die Lebensdauer durch überstandene Krankheiten oder sonstige schädigende Einflüsse verkürzt wurde. Solche Bestimmungen liegen nicht vor. Vielleicht würde man am ersten vergleichbare Werthe erhalten, wenn man nur die höchsten Altersgrenzen in Betracht ziehen wollte. Dazu aber stehen uns nicht genügend zahlreiche Beobachtungen zu Gebote.

Zweifellos hängt die Lebensdauer in der ganzen Thierreihe zusammen mit der Zeit des Eintrittes und der Dauer der Geschlechtsfunctionen. Das Ziel der Natur ist auf die Erhaltung der Art und des Lebens gerichtet, nicht auf die Erhaltung des Individuums. Hat das Individuum seine Geschlechtsfunctionen vollendet, allenfalls noch für den Schutz und die Ernährung der Brut gesorgt — bei einigen höheren Thieren auch noch für die Erziehung — dann hat das Individuum seine Aufgabe erfüllt — es muss untergehen.

Bei vielen niederen Thieren zeigt es sich ganz deutlich, dass das individuelle Leben mit der Erschöpfung der Zeugungskraft seinen Abschluss findet. Viele Insectenmännchen sterben unmittelbar nach der ersten und letzten Begattung, die Weibchen, sobald die Eier gelegt sind.

Die Larve des Maikäfers frisst drei volle Jahre hindurch unter der Erde die Wurzeln der Pflanzen, um die volle Grösse des ausgewachsenen Thieres zu erreichen; ein weiteres Jahr ruht sie im Puppenzustande, um den complicirten Bau des geschlechtsreifen Käfers auszubilden. Der Käfer selbst aber lebt nur wenige Wochen. Das Männchen stirbt bald nach der Begattung, das Weibchen, nachdem es in die Erde zurückgekrochen und dort die Eier abgelegt hat.

Die Männchen vieler Schmetterlinge sterben sehr bald nach der Begattung, die Weibchen, sobald sie die Eier abgelegt haben. Gewisse Schmetterlinge leben nur 24 Stunden.

Einige Arten der Eintagsfliegen leben im Imago-Zustande nur 4—5 Stunden. „Gegen Abend schlüpfen sie aus der Puppenhülle; sobald ihre Flügel erhärtet sind, erheben sie sich in die Luft, die Fortpflanzung geht vor sich, sie lassen sich auf's Wasser hernieder, sämmtliche Eier werden auf einmal ausgestossen und das Leben ist zu Ende; das Thier stirbt.“[1])

Die männliche Biene, die Drohne, stirbt plötzlich auf dem Hochzeitsfluge im Moment der Begattung, und die weibliche Biene, die Königin, durchreisst den festsitzenden Penis, um sich von der Last der Leiche zu befreien. „Die Drohne hat ihren Beruf erfüllt; sie ist sogar wie ein tapferer Soldat auf dem Schlachtfelde in der Erfüllung ihres Berufes gefallen.“[2]) Die Königin aber lebt noch drei Jahre und legt während der ganzen Zeit Eier, die mit den Samenzellen befruchtet werden, welche auf dem einmaligen Hochzeitsfluge in das Receptaculum seminis gelangten.

---

1) A. Weismann. „Ueber die Dauer des Lebens“. Jena, Fischer. 1882. S. 19.

2) Aug. Baron von Berlepsch. „Die Biene und ihre Zucht mit beweglichen Waben“. Aufl. 2. Mannheim, J. Schneider. 1869. Kap. II u. IV. Diese beiden Kapitel sind von Rudolf Leuckart (1823—1898) bearbeitet. Dort findet sich eine genaue Zusammenstellung aller Beobachtungen der Zoologen und der Bienenzüchter, auf welche unsere Kenntniss von den wunderbaren Vorgängen bei der Zeugung der Bienen sich stützt. Vgl. auch Kap. V.

Wie der plötzlich eintretende Tod der Drohne zu erklären sei, ist noch räthselhaft. Der Process lässt sich auch künstlich hervorrufen: „Fasst man, wenn bei dem Befruchtungsausfluge einer Königin das Volk stark vorspielt, eine Drohne an den Flügeln, ohne einen sonstigen Körpertheil zu berühren, und hält sie ganz frei in die Luft, so stülpt sich der Penis um, und das Thier ist todt, regungslos und wie vom Schlage getroffen. Ganz dasselbe findet statt, wenn man zu solcher Zeit eine Drohne ganz leise auf dem Rücken berührt. Die Drohnen befinden sich nämlich dann in einem so aufgeregten und reizbaren Zustande, dass bei nur einiger Musculation oder Berührung der Penis sofort, sich umstülpend, hervorspringt."[1]) Leuckart spricht die Vermuthung aus, der Tod erfolge durch Verblutung: das Blut strömt in den anschwellenden, verhältnissmässig sehr grossen Penis, und die übrigen Organe werden blutarm.[2])

Eine ähnliche Entwicklung wie bei den Insecten beobachtet man auch an einigen niederen Wirbelthieren: ein langes Leben in nicht geschlechtsreifem Larvenstadium, ein kurzes Leben im geschlechtsreifen Zustande und ein Absterben unmittelbar nach der Befruchtung. Das kleine Flussneunauge, Petromyzon Planeri lebt 3—4 Jahre im nicht geschlechtsreifen Zustande als ein blindes, bei flüchtiger Betrachtung wurmähnliches Thier mit kleinen, unter der Haut versteckten Augen. Es zeigt in diesem Larvenstadium so wenig Aehnlichkeit mit dem geschlechtsreifen Neunauge, dass es vor der Entdeckung der Entwicklung für eine eigene Gattung gehalten und als Ammocoetes brachialis in das zoologische System aufgenommen wurde. In der angegebenen Zeit von 3—4 Jahren erlangt die Larve eine Länge von 16—20 Cm. Darauf vollzieht sich in wenigen Monaten ohne Zunahme der Grösse die Umwandlung in das geschlechtsreife, sehende Thier, und unmittelbar nach der Befruchtung gehen Männchen wie Weibchen zu Grunde. Die Entdeckung dieser interessanten Metamorphose verdanken wir August Müller[3]) (1810—1875), Professor der Anatomie in Königsberg.

Es scheint, dass die Neunaugen nicht die einzigen Fische

1) v. Berlepsch, l. c. S. 57.
2) v. Berlepsch, l. c. S. 21.
3) August Müller, Arch. f. An. u. Physiol. Jahrgang 1856. S. 334.

sind, welche gleich nach dem ersten Laichen absterben. Dr. Henderson[1]), Docent an der Yale University in Connecticut berichtet, dass eine in Alasca vorkommende Lachsart vom Meere aus in dichten Scharen die Ströme hinaufschwimmt und im oberen Laufe laicht. Niemals aber sieht man einen ausgewachsenen Lachs stromabwärts schwimmen. Henderson meint, dass sie alle unmittelbar nach dem Laichen zu Grunde gehen.

Die höheren Wirbelthiere gehen zwar nicht nach der ersten und einzigen Geschlechtsfunction zu Grunde, aber doch bald, nachdem die Zeugungskraft erschöpft ist. Beim Menschen gilt der Satz, dass die Lebensdauer mit der Zeugungskraft ihren Abschluss findet, wenigstens vom Manne. Nach erloschener Zeugungskraft dauert beim gesunden Manne das Leben nicht mehr lange und wäre noch kürzer, wenn es nicht durch sehr künstliche Pflege erhalten würde. Unter natürlichen Bedingungen würde ein Greis, der nicht mehr zeugungsfähig ist, weit rascher sein Ende finden. Dass das Weib nach dem Erlöschen der Geschlechtsfunctionen noch längere Zeit weiterlebt, erklärt sich teleologisch daraus, dass ihm die Kinderpflege von der Natur anvertraut ist. Wenn beim Menschen das Greisenalter, die Zeit der abnehmenden Kräfte, die sogenannte Involutionszeit länger dauert als bei irgend einem Thiere, so hängt das vielleicht damit zusammen, dass die erzieherische Thätigkeit beim Menschen länger dauert, um die höchste geistige Entwicklung zu Stande zu bringen.

Von dem natürlichen Tode, welcher nach dem typischen Ablauf der progressiven und regressiven Entwicklung eintritt, streng zu unterscheiden ist der Tod, welcher durch Störungen von aussen her erfolgt. Es fragt sich nun: welche Störungen sind es, die mit Nothwendigkeit zum Tode führen?

Sobald durch Eingriffe irgend welcher Art die Bewegungen des Herzens oder der Respirationsmuskeln sistirt werden, tritt in kurzer Zeit der Tod aller Organe ein. Deshalb ist oft behauptet worden, *jeder Tod sei ein Erstickungstod.* Steht das Herz still, so nützt die Respiration nichts, denn der eingeathmete Sauerstoff wird aus der Lunge nicht weiterbefördert. Steht aber die Respiration still, so nützt die Herzthätigkeit nichts mehr, denn das Herz

1) Yandell Henderson, „The popular Science Monthly". April 1902. p. 507.

treibt sauerstofffreies Blut in die Organe und muss selbst bald aus Sauerstoffmangel seine Thätigkeit einstellen.

Tödtet man ein Thier durch **Verbluten**, so sinkt, nachdem die Hälfte des Blutes herausgeflossen ist, der Blutdruck so weit, dass in Folge von mangelhaftem Klappenschluss die Blutbewegung zum Stillstand kommt, somit Erstickung eintritt. Ersetzt man das verlorene Blut durch eine verdünnte Kochsalzlösung (0,6 %), so stellt sich die Blutbewegung wieder her und das Leben kann erhalten bleiben. Sind aber mehr als $^2/_3$ des Blutes verloren, so reicht das noch übrige Hämoglobin zur Sauerstoffzufuhr nicht mehr hin, und der Tod tritt auch trotz zugeführter Kochsalzlösung durch Erstickung ein.[1])

Man könnte aber auch mit demselben Rechte behaupten, jeder Tod sei ein Hungertod. Denn die übrige Nahrung ist in jedem Gewebselemente aufgespeichert. Deshalb kommt es nur auf die Sauerstoffzufuhr an. Die Ursache des Todes wäre also in allen Fällen nur der Mangel einer Kraftquelle. Fasst man den Satz so allgemein, so sind vielleicht auch die anaërobiotisch lebenden Zellen mit einbegriffen. (Vergl. Bd. II. Vorles. 4 u. 30.)

Unterbindet man die Arterien, welche einen **Muskel** versorgen, so wird beim Warmblüter in kurzer Zeit der Muskel gelähmt. Löst man, nachdem die Lähmung eingetreten, die Unterbindung, so wird der Muskel wieder leistungsfähig. Dieser Versuch wird dem berühmten dänischen Anatomen Niels Stenson (Nicolaus Steno s. Stenonius 1638—1686) zugeschrieben[2]) und nach ihm der Stenson'sche Versuch genannt; er ist vielfach wiederholt worden. Lässt man die Unterbindung eine Stunde lang bestehen, so verliert beim Warmblüter der Muskel die Fähigkeit, durch den faradischen Strom indirect, d. h. vom Nerven aus erregt zu werden. Nach 4—5stündiger Unterbindung der Arterien kann der Muskel auch direct durch den faradischen Strom nicht mehr erregt werden. Schliesslich tritt die **Todtenstarre** ein.[3]) Bei Kaltblütern dauern diese Vorgänge länger.[4])

1) A. Landerer, Virchow's Archiv. Bd. 105, S. 351. 1886. Dort auch die frühere Litt. üb. die Transfusion citirt.

2) Johannes Swammerdam (1637—1680), Tractatus physico-anatomico-medicus de respiratione usuque pulmonum. Lugduni Batavorum 1667. p. 61.

3) Herm. Frdr. Stannius, Arch. f. physiol. Heilkunde. Bd. XI, S. 1. 1852.

4) Kühne, Arch. f. An. u. Physiol. 1859. S. 761.

Nach bereits eingetretener Todtenstarre kann durch erneute Zufuhr von Blut der Muskel nicht mehr erregbar gemacht werden.

Auch am ausgeschnittenen Muskel lässt sich bei künstlicher Durchblutung (vergl. Bd. II. Vortrag 26) die Erregbarkeit noch lange Zeit erhalten, selbst beim Warmblüter noch 20 Stunden.[1])

Es ist also zweifellos die Zufuhr der Spannkräfte, insbesondere des Sauerstoffes, welche die unserem Auge erkennbaren Lebenserscheinungen des Muskels erhält, und es ist die Entziehung der Spannkräfte, die den Tod des Muskels, die Muskelstarre bewirkt. Auch der Muskeltod ist ein Erstickungstod.

Man könnte nun gegen den Satz, dass jeder Tod ein Erstickungstod sei, einwenden, der Tod könne auch durch **Störungen im Centralnervensystem** eintreten. Aber wir haben ja bereits gesehen, dass man sowohl das Grosshirn als auch das Kleinhirn exstirpiren kann, ohne dass der Tod eintritt (vergl. Vortrag 12 u. 17). Es scheint, dass nur Störungen in der Medulla oblongata tödtlich wirken. Es wäre also möglich, dass es wiederum die Centra des Kreislaufes und der Respiration sind, deren Störungen zum Tode führen. Der Tod, welcher durch rein psychische Ursachen — Schreck, Angst — eintritt, lässt sich gleichfalls auf Störungen in der Circulation zurückführen (vergl. Bd. II. Aufl. 2. Vortrag 18 am Ende).

Man könnte ferner gegen den Satz, dass jeder Tod ein Erstickungstod sei, einwenden, dass auch **Störungen in der Excretion**, insbesondere in der Nierenfunction zum Tode führen. Aber auch bei diesen Störungen tritt der Tod durch Herzinsufficienz, durch Lungenödem oder durch Vergiftung ein, durch Urämie. Das Gift wirkt vielleicht wiederum auf die Centra in der Medulla oblongata.

Sehr auffallend aber bleibt die rasche Wirkung gewisser **Gifte**, welche alle lebenden Wesen tödten, auch solche, die gar kein Nervensystem haben, auch einzellige Wesen, die an der Luft nicht ersticken können. Ich meine die sogenannten Protoplasmagifte wie das Chloroform, das Sublimat, die Carbolsäure. Diese heben weit rascher alle Lebenserscheinungen auf

1) C. Ludwig u. Alx. Schmidt, Ber. d. sächs. Akad. d. W. 1868. S. 12.

als die Sauerstoffentziehung, und eine Wiederbelebung ist nach genügender Einwirkung nicht mehr möglich. Bei vielen rasch wirkenden Giften konnte bisher keinerlei Veränderung in irgend welchen Geweben nachgewiesen werden.

Die Mechanisten machen sich's mit der Definition des Todes sehr bequem; sie sagen, die Maschine steht still, wenn sie entweder nicht mehr geheizt wird oder wenn sie zerstört wird. Der Organismus aber ist keine Maschine. Ein Hauptunterschied zwischen einer Maschine und einem Organismus besteht darin, dass der Organismus sich selbst heizt und Störungen selbst ausbessert. Wir müssen uns fragen, was haben alle diejenigen Störungen mit einander gemeinsam, die dem Organismus die Fähigkeit rauben, sich selbst zu heizen und sich selbst auszubessern. Auf diese Frage bleiben wir die Antwort schuldig.

Solange wir den Begriff des Lebens nicht definiren können (vergl. Bd. II, Vortrag 1), bleibt auch der Begriff des Todes uns unklar. Er ist ein negativer Begriff, die Negation des Lebens.

Die Grenze zwischen Leben und Tod lässt sich nicht angeben. Wir können den Zeitpunkt nicht bestimmen, in welchem das Leben aufhört und der Tod eintritt. Wir können nur feststellen, wann diejenigen unserem Auge erkennbaren Bewegungsvorgänge aufhören, welche wir als „activ" bezeichnen. Dieses Aufhören der „activen" Bewegungen findet nicht in allen Organen und Geweben gleichzeitig statt. Jedes Organ, jede Zelle zeigt ein vom Gesammtorganismus eine Zeit lang unabhängiges Leben. An Kaltblütern lässt sich dieses bekanntlich leicht demonstriren. Aber auch an Warmblütern und am Menschen sind die Erscheinungen des selbständigen Fortlebens losgetrennter Organe und Gewebselemente sehr auffallend.

An enthaupteten Menschen hat man beobachtet, dass das Herz noch längere Zeit, bis zu einer Stunde weiterschlägt.[1]) An den abgetrennten Köpfen beobachtet man bisweilen noch 10 Minuten lang Bewegungen. Gad[2]) sah, wie der Kopf eines Enthaupteten — die Durchtrennung hatte zwischen dem 4. und 5. Halswirbel statt gehabt — $1\frac{1}{2}$ Minute lang dyspnoische Athem-

1) P. Brouardel, „La mort et la mort subite". Paris, Baillière et Fils. 1895. p. 4.

2) Gad, Centralbl. f. d. med. W. 1885. S. 724.

bewegungen ausführte, „ganz wie Jemand, der in der äussersten Athemnoth nach Luft schnappt".

Die elektrische Erregbarkeit der Skeletmuskeln und ihrer Nerven wird bisweilen an menschlichen „Leichen" noch 2—4 Stunden nach erfolgtem Stillstand des Herzens und der Respiration wahrgenommen. Die Erregbarkeit der glatten Muskulatur erhält sich noch länger, ebenso die Bewegung der Flimmerepithelien.

Wendet man künstliche Mittel an, zum Beispiel die künstliche Erwärmung und Durchblutung, so kann man noch viel länger die einzelnen Organe am Leben erhalten.

Dass das Stillstehen der Respiration und der Circulation noch nicht den definitiven Tod bedeutet, beweisen die Fälle der „Wiederbelebung". Es sind bisher 26 genau beobachtete Fälle von Wiederbelebung Erhängter veröffentlicht worden[1]). Es fragt sich nur, ob unter diesen Fällen auch welche sich fanden, in denen wirklich auch keinerlei Herzbewegung mehr statthatte. Sicher constatirt ist nur das längere Stillstehen der Respiration. Bei der acuten Alkoholvergiftung kommen Fälle vor, wo die Respiration längere Zeit vollkommen still steht, und die Körpertemperatur auf 25^0 C. gesunken ist, und doch noch Wiederbelebung eintritt.[2])

In van Hasselt's[3]) Werk über den Scheintod finden sich Fälle von Cholera paralytica, Asphyxia neonatorum etc. zusammengestellt, in denen die Auscultation des Herzens ein negatives Resultat gab und doch Herstellung erfolgte.

In Folge von Gehirnerschütterungen (Commotio cerebri) kommen gleichfalls Fälle von Scheintod vor, bei denen das Herz vollkommen still steht. Brouardel[4]) berichtet einen solchen von ihm selbst beobachteten Fall. Ein 13jähriger Knabe ist aus dem 6. Stock auf das Pflaster gefallen. Man hält ihn für todt. Brouardel kann bei der Auscultation des Herzens

1) Kompe, Neurolog. Centralbl. Jahrg. 16, S. 312. 1897. Dort auch die frühere Litteratur citirt. Vgl. P. Brouardel. l. c. p. 24ff.

2) Brouardel, l. c. p. 33.

3) A. W. M. van Hasselt, „Die Lehre vom Tode und Scheintode". Braunschweig, Vieweg & Sohn. 1862. Bd. I. S. 49; vgl. James Braid, „Observations on trance or human hybernation". London 1850. p. 28ff.

4) Brouardel, l. c. p. 30.

keinerlei Geräusche erkennen. Dennoch gelingt die Wiederbelebung. Kein einziges Organ erwies sich als verletzt.

Es giebt also Fälle von „Scheintod“, Fälle, wo das Herz und die Respiration längere Zeit still stehen und doch noch Wiederbelebung eintritt. In solchen Fällen können Laien einen Lebenden für todt halten, niemals aber ein physiologisch geschulter Arzt. Es ist noch kein Fall vorgekommen, wo ein Scheintodter, den ein Arzt für todt erklärt hatte, beerdigt worden ist, und unter allen Berichten über die Beerdigung Scheintodter ist nur ein einziger von einer wissenschaftlichen Autorität beglaubigt worden.[1])

Es fragt sich also: wenn der Stillstand des Herzens und des Athems den Tod nicht beweisen, welche Erkennungszeichen stehen dem Arzte zu Gebote? Völlige Sicherheit hat man bei bereits eingetretener **Todtenstarre.**

Es wird angegeben, dass die Todtenstarre 10 Minuten bis 20 Stunden nach dem Stillstande des Herzens eintrete und dass sie wenige Stunden bis zu acht Tagen andauere. Diese Zeiten werden durch verschiedene Gifte beeinflusst, durch einige verlängert, durch andere verkürzt.[2]) In den Fällen kurzer Dauer kann bisweilen die Starre übersehen werden. Bei der Vergiftung mit Kohlenoxyd, Phosphor, gewissen Schwämmen, bei acuter parenchymatöser Degeneration der Muskeln, nach gewissen infectiösen und septischen Processen soll sogar bisweilen die Todtenstarre gänzlich fehlen. Ebenso soll sie bisweilen bei todtgeborenen Kindern fehlen — vielleicht deshalb, weil sie bereits im Uterus eingetreten und vor der Geburt wieder geschwunden war. —

Das Eintreten der Todtenstarre beweist also den definitiven Tod. Das Ausbleiben derselben beweist aber nicht, dass der Tod noch nicht eingetreten sei. Es bliebe also nur die Fäulniss als sicheres Erkennungszeichen des definitiven Todes übrig.

Es fragt sich daher, ob wir nicht Zeichen haben, schon vorher zu entscheiden, ob der definitive Tod eintreten wird oder ob noch eine Wiederbelebung möglich ist.

---

1) Brouardel, l. c. p. 30.

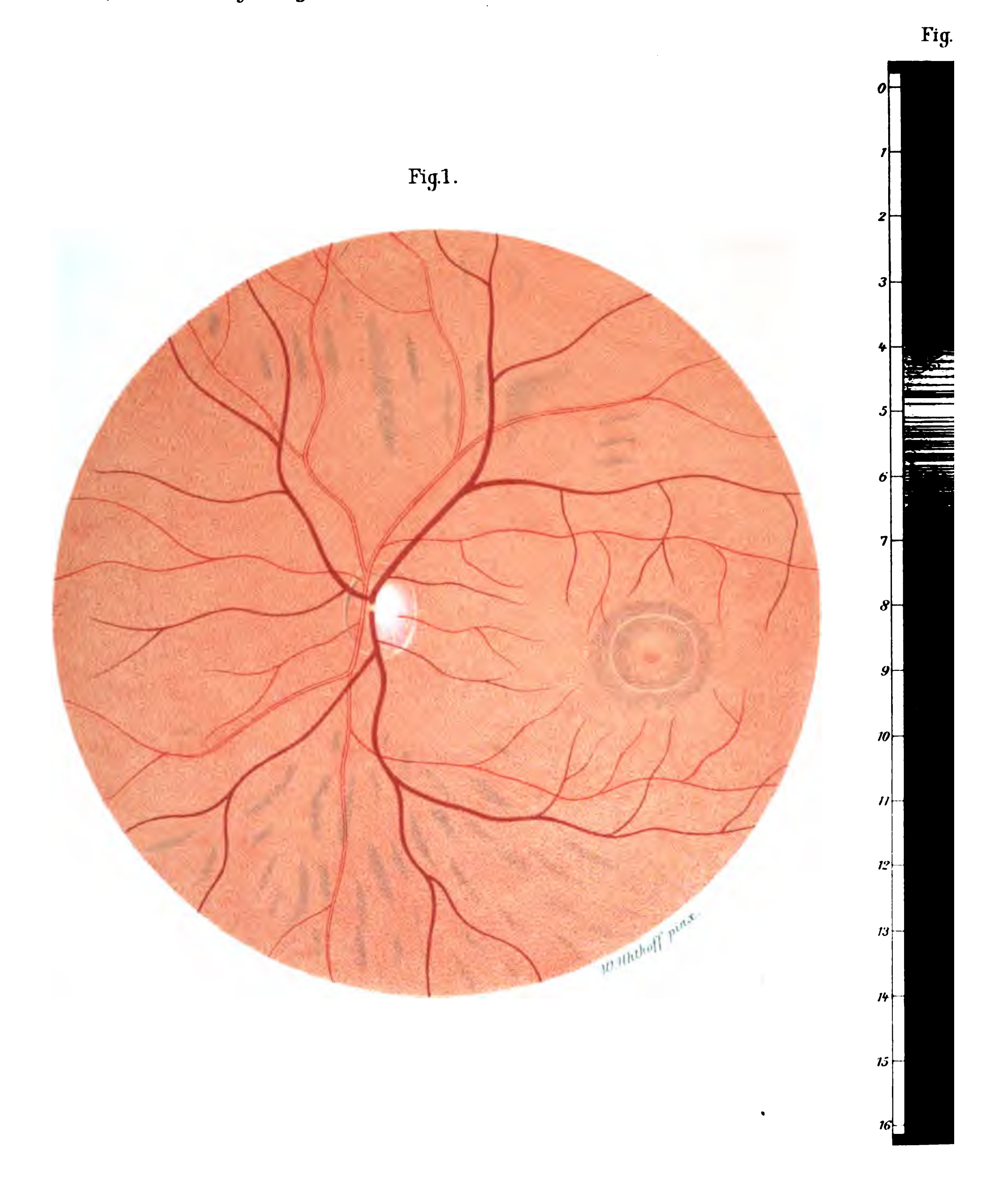
2) Von neuesten Arbeiten über den Einfluss der Gifte auf die Todenstarre sei erwähnt Walther Pilz, Diss. Königsberg 1901. Dort auch die frühere Lit. citirt.

Eine Wiederbelebung ist nach allen bisherigen Erfahrungen am Menschen nicht mehr möglich, sobald die Muskeln durch den elektrischen Strom nicht mehr erregbar sind. Man braucht also die Todtenstarre oder gar die Fäulniss nicht abzuwarten, um jene Fragen zu entscheiden. Aber auch schon vor dem Schwinden der Muskelerregbarkeit lässt sich nach der Ansicht der meisten Aerzte die Frage entscheiden. In dieser Hinsicht sind die Meinungen immer noch getheilt. Die meisten Aerzte sind der Meinung, dass, wenn das Herz nur genügend lange behorcht wird, ein negatives Resultat den Tod feststellt. Sie rathen 5—10 Minuten das Herz zu behorchen. Wird innerhalb dieser Zeit keinerlei Geräusch wahrgenommen, so seien alle Wiederbelebungsversuche sicher nutzlos.

Sach-Register.

Autoren-Register.

Fig.1.



Lith. Anst. v. E.

Verlag von F. C. W. Vogel in Leipzig.

Fig. 1.

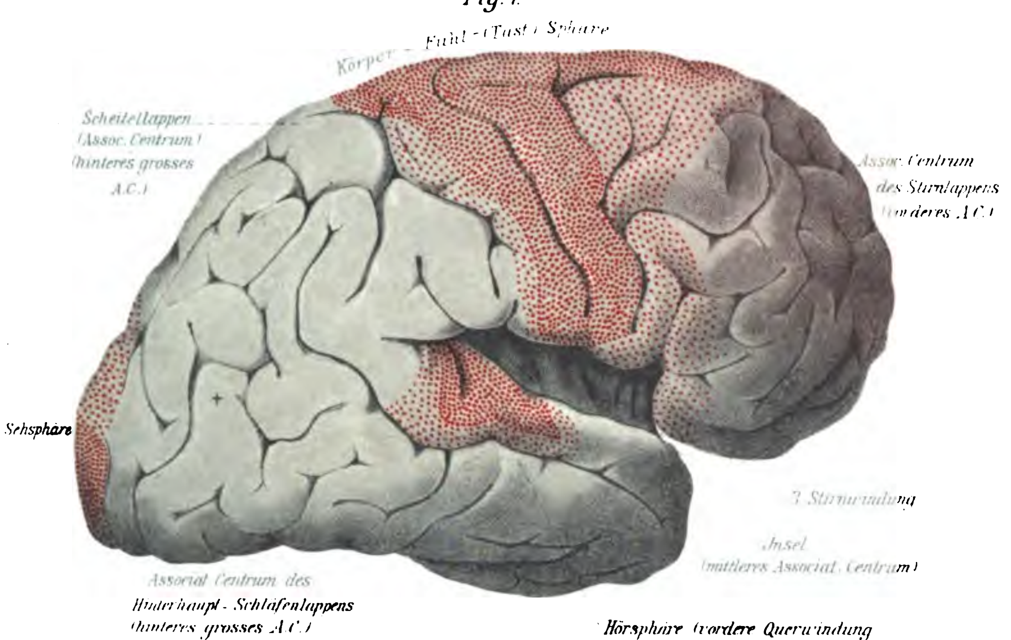


Fig. 2.

Körper - Fühl (Tast) - Sphäre

Präcuneus (hinteres grosses Assoc. Centrum)

1. Stirnwindung

Cuneus

Assoc. Centrum des Stirnlappens

Sehsphäre

Gyrus rectus

Riechkolben

Riechstreifen

Associat. Centrum des Hinterhaupt - Schläfenlappens (hinteres grosses A.C.)

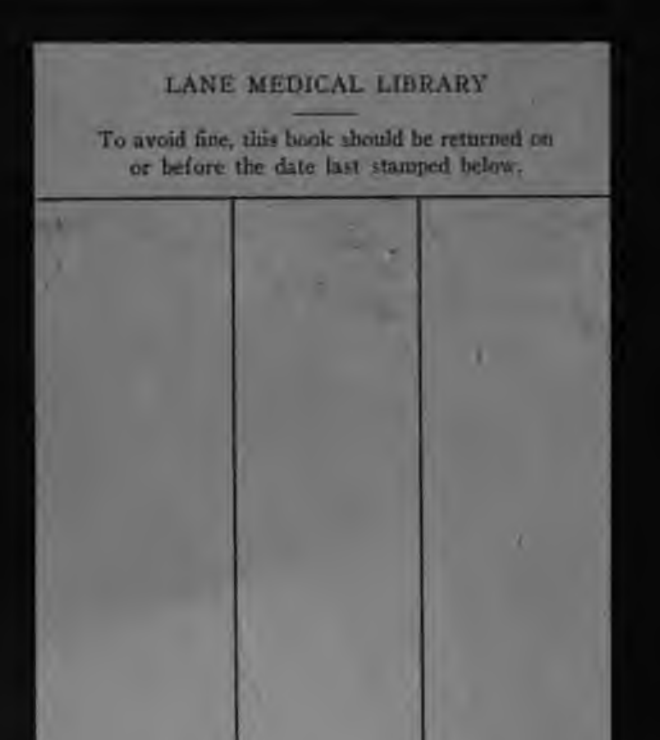
Riechsphäre (Gyrus uncinatus)

Gyrus hippocampi

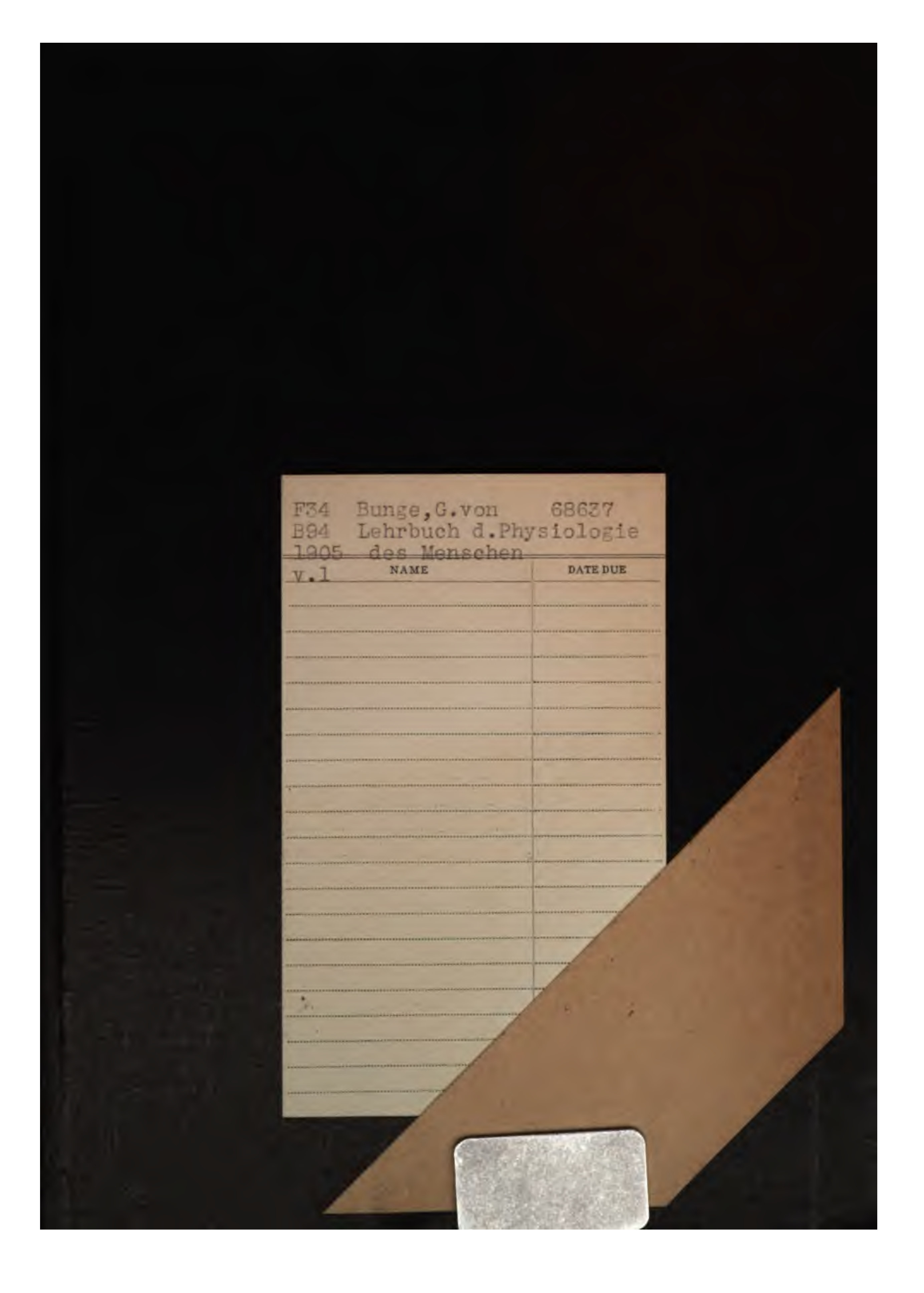
Verlag Veit & Comp. Leipzig

Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig.

(aus Gehirn u. Seele v. Flechsig.)



LANE MEDICAL LIBRARY
To avoid fine, this book should be returned on or before the date last stamped below.


F34 Bunge, G. von 68637
B94 Lehrbuch d. Physiologie
1905 des Menschen
v.1
NAME
DATE DUE

